زنجیرەی کتێبی زانستی/٢١

جانجۆ مەکفادین • جیم ئەلخەلیلی

ژیان لە لێوارەکان

بەرەبەیانی زیندەناسیی کوانتەمی

حسێن حسێنی کردوویە بە کوردی

غەزەلنووس

ژیان لە لێوارەکان

بەرەبەیانی زیندەناسیی کوانتەمی

جانجۆ مەکفادین، جیم ئەلخەلیلی

غەزەلنووس

لە زنجیرە بڵاوکراوەکانی
ناوەندی **غەزەلنووس**- بۆ چاپ و بڵاوکردنەوە
زنجیرەی کتێب: **(٢٧٦)**
زنجیرەی کتێبی زانستی: (٢١)

ژیان لە لێوارەکان
بەرەبەیانی زیندەناسیی کوانتەمی

جانجۆ مەکفادین، جیم ئەلخەلیلی

حسێن حسێنی
لە ئینگلیزییەوە کردوویە بە کوردی

- بەرگ: باسم رەسام
- نەخشەسازیی ناوەوە: غەزەلنووس
- ڕێنووس و هەڵەچنی: غەزەلنووس
- چاپ: یەکەم/ ٢٠١٩
- چاپخانە: تاران
- تیراژ: ١٠٠٠ دانە
- نرخ: ١٠٠٠٠ دینار
- بڵاوکار: ناوەندی **غەزەلنووس**- بۆ چاپ و بڵاوکردنەوە

سلێمانی- مەیدانی پاسەکانی تووی مەلیک- نهۆمی زەمینی بازاڕی کتێب
ژمارەی تەلەفۆن: ٠٧٧٠٣٥٧٣٧٥٧
www.xazalnus.com

ژیان لە لێوارەکان
بەرەبەیانی زیندەناسیی کوانتەمی

جانجۆ مەکفادین، جیم ئەلخەلیلی

حسێن حسێنی
لە ئینگلیزییەوە کردوویە بە کوردی

چاپی یەکەم
٢٠١٩

پێرست

پێشەکیی وەرگێڕ

خوێنەری هێژا، ئەو کتێبەی ئێستا بە دەستتەوەیە، لەوانەیە تاکە کتێبی ئەم بوارە بێت کە بۆ هەموان نووسراوە. لە لایەن ٢ ئالاهەڵگری سەرەکیی بوارەکەوە نووسراوە کە دەیان ساڵە خەریکی توێژینەوەن بۆ ئەوەی پرسی سەرچاوەی ژیان بە شێوازێکی نوێ بخەنە ڕۆژەڤەوە.

مرۆڤ لەو کاتەوەی لە دارستان و پێدەشتەکانی ئەفریقا هەستی بە بوونی خۆی کرد، ٣ پرسیاری سەرەکیی لە لا دروست بووە: ئەم ژینگەیەم لە کوێوە هاتووە؟ من چۆن هاتووم؟ بۆچی ئەم پرسیارانە دەکەم؟ بە زمانی زانستی ئەمڕۆ، ئەم ٣ پرسیارە دەبێت بە پرسیار لەسەر سەرچاوەی گەردوون، سەرچاوەی ژیان و سەرچاوەی ئاگایی! ٣ پرسیاری سەرەکی لە ٣ بواری سەرەکیی زانست، واتە بوارەکانی فیزیا و گەردوونناسی، زیندەناسی و دەروونناسی.

پرسیار لەسەر سەرچاوەی گەردوون لە سەردەمی یۆنانی کۆنەوە، فەیلەسووفەکانی فەلسەفەی سروشتی گرنگیی زۆریان پێ داوە و ڕێچکەیەکی دوورودرێژی بڕیوە و لەم سەردەمەدا گەیشتووین بەو ئەنجامەی کە بیگبانگ هەبووە و زۆر لایەنی ئەستێرە و گەلەئەستێرە ڕوون کراوەتەوە. ئەوەی یارمەتیی گەردوونناسەکانی دا بۆ ئەوەی پێشکەوتنی بەرچاو بەدی بهێنن، لە پاڵ تیۆریی گشتیی ڕێژەیی ئاینشتاین، بەکارهێنانی تیۆریی نوێی کوانتەم بوو.

کارکردن لەسەر سەرچاوەی ژیان مێژووەکەی بە کۆنی کارکردنە لەسەر سەرچاوەی گەردوون؛ هەر لە سەردەمی کۆنەوە جەوهەری

ڕۆح بۆ جیاوازیکردن لە نێوان مادەی زیندوو و نازیندوو داهێنرا، بەڵام تا سەدەی ١٩ کاری جیدیی زانستی سەبارەت بە سەرچاوەی ژیان نەهاتە ئاراوە، کە هەڵبەت توێژینەوە لەسەر بابەتەکە کەوتە ئەستۆی زیندەناسەکان و کیمیاییەکان. سەرەڕای کاری زۆر لەسەر ڕوونکردنەوەی هەموو لایەنەکانی بوونەوەری زیندوو، هێشتا سەرچاوەی ژیان بە لێڵیی سەدەی ١٩ەوە و پێشکەوتنی گەورە و شۆڕشگێڕانە نەهاتووەتە ئاراوە.

لەگەڵ دەرکەوتنی زانستی کوانتەم، ژمارەیەکی دەگمەن لە زانایانی پێشڕەوی فیزیا سەبارەت بە بوونی ڕۆڵ بۆ فیزیای کوانتەم لە زیندەناسی و سەرچاوەی ژیان هەندێک بۆچوون و لێکۆڵینەوەی سەرەتاییان پێشکەش کرد، کە لەوانەیە گرنگترینەکەیان کتێبەکەی شرودینگیر (ژیان چییە؟) بێت.

لە سەرەتای ئەم سەدەیەوە ڕۆڵی فیزیای کوانتەم لە ڕوونکردنەوەی سەرچاوەی ژیاندا بە جیدی وەرگیراوە و بەردەوام توێژینەوە و کاری نوێ پێشکەش دەکرێت و دەیان گرووپی توێژینەوە بە پانتایی هەموو جیهان کار لەسەر بوارەکە دەکەن. ئامانجی سەرەکیی ئەم کتێبە بەگشتیکردن و پێشکەشکردنی ئەنجامی ئەو کارە نوێیانەیە. سەرەڕای ئەوە پرسیاری سێیەمیش، سەرچاوەی ئاگایی، گرنگیی پێ دراوە. بەڵام وەک دیارە ئەم بوارە لە بوارەکانی تری زیندەناسیی کوانتەمی ئاڵۆزترە و کارەکان هێشتا زۆر سەرەتاییتر لەوەن تا بزانین بە ڕاستی ئاگایی چییە.

لە کۆتاییدا هیوادارم تۆی خوێنەر بە وردی و گرنگییەوە ئەم کتێبە بخوێنیتەوە، کێ ناڵێت تۆش لە داهاتوودا نابیت بە توێژەرێکی سەرەکی لەم بوارە هەرە نوێیەدا.

حسێن حسێنی

بەهاری ٢٠١٨

سەبارەت بە نووسەرەکان

جانجۆ مەکفادین پرۆفیسۆری جینێتیکی مۆڵکیولییە لە زانکۆی سەرەیی و نووسەری کتێبە پێشڕەوە وانەییەکانە لە هەر ٢ بواری بایلۆجیی کوانتەمی و سیستەمی زیندەناسیی میکرۆبی سیل. بۆ زیاتر لە ١٠ ساڵ پسپۆڕییەکەی بریتی بوو لە تاقیکردنەوە لەسەر سیل و منیژێت و یەکەم هەڵسەنگاندنی مۆڵکیولیی سەرکەوتووی بۆ دووەمی داهێنا، بە هۆی دۆزینەوەکانیەوە خەلاتی ئەنجوومەنی شاهانەی توێژینەوەی وۆلفسۆنی بردەوە. ئەو نووسەری کتێبی پەرەسەندنی کوانتەمی و هاوڕێنووسکاری سروشتی مرۆڤ: ڕاستی و خەیاڵە. سەبارەت بە بەرهەمەکانی GM، دەرمانەکانی گۆڕانی دەروونی و میکانیکیی کوانتەمی بۆ ڕۆژنامەی گاردیەن دەنووسێت.

جیم ئەلخەلیلی، ئاکادیمی، نووسەر و پێشکەشکارە. ئەو یەکێکە لە پێشڕەوەکانی فیزیای تیۆری لە زانکۆی سەرەیی، کە هەم وانە

دەڵێتەوە و هەم توێژینەوە لەسەر میکانیکیی کوانتەمی دەکات. جیم چەندین کتێبی بۆ هەموان نووسیوە وەک پێشڕەو (pathfinder): سەردەمی زێڕینی زانستی عەرەبی، کوانتەم: ڕێگەیەک بۆ سەرلێشێوان، پارادۆکس: ٩ گەورەترین مەتەڵ لە زانستدا. ئەو چەندین بەرنامەی دۆکیومێنتاریی لە ڕادیۆ و تەلەڤیزیۆن پێشکەش کردووە، وەک BAFTA – کیمیای هەڵبژێردراو: مێژوویەکی شکۆدار و نهێنیی پەشێوەژیان.

سوپاسگوزاری

نووسینی ئەم کتێبە ٣ ساڵ کاتی بردووە، هەرچەندە نووسەرەکان خۆیان بۆ ماوەی ٢ دەیە بەشدار بوون لە توێژینەوە لەم بوارە نوێیە وروژێنەرە، کە فیزیای کوانتەم، زیندەکیمیا و زیندەناسی پێکەوە کۆ دەکاتەوە. بەڵام کاتێک دێتە ناو پانتایی ناوچەیەکی فرەبواری وەک زیندەناسیی کوانتەمی، ئەوکات ناومکینە بە ڕادەی پێویست بە قووڵی شارەزا بیت و بە ڕادەی پێویست دڵنیا بیت لە هەموو ئەو زانستەی کە پێویستە بۆ ئەوەی وێنە تەواوەکە بکێشیت، بە تایبەت کاتێک دەتەوێت بۆ یەکەم جار کتێبێک، ئەویش بۆ خوێنەرێک کە شارەزا نییە، لەو بارەیەوە بنووسیت.

بە دڵنیاییەوە هیچ کام لە نووسەرەکان نەیاندەتوانی ئەم کتێبە بە تەنیا بنووسن، چونکە هەر کام لە ئێمە شارەزاییمان لە تەنها یەکێک لە جیهانەکانی فیزیا و زیندەناسیدا هەیە. ڕاستتر لەوەی کە هیچ کام لە ئێمە نەماندەتوانی ئەم کتێبە بنووسین، ئەو بابەتەیە کە ئێمە هەردووکمان یەک شانازیمان پێ بڕاوە و سوودمان لە یارمەتی و ئامۆژگاریی زۆر کەس وەرگرتووە، زۆرترینی ئەوان لە بوارەکەی خۆیاندا پێشڕەوی جیهانن. ئێمە زۆر سوپاسی پاول دەیڤیس دەکەین بۆ گەنگەشە گرانبەهاکانی کە لە ماوەی ١٥ ساڵی ڕابردوودا لەگەڵ

هەردووکماندا سەبارەت بە میکانیکیی کوانتەمی و توانا شاراوەکەی لە پەیوەندی لەگەڵ زیندەناسیدا هەیبوو. ئێمە گفتوگۆی زۆرمان لەگەڵ کیمیاییەکان و فیزیاییەکان و زیندەناسەکان، کە لە ئێستادا پێشکەوتنی زۆریان لەم بوارە نوێیەدا دروست کردووە، هەبووە، کە شارەزاییەکەیان و زانیارییە قووڵەکەیان سەبارەت بە ناوچە تایبەتەکەیان، ئێمە نەمانبووە و نیمانە. بە تایبەتی ئێمە قەرزداری ئەمانەین: جنیفەر بروک، گریگۆری ئینجیل، ئادام گادبیر، سیس لۆید، ئالیکساندرا ئۆلیا - کاسترۆ، مارتین پیلینۆ، ساندو پایسکو، سۆرستین ریتز، گریگۆری شولز، نیگل سکروتۆن، پاول ستیڤینسن، لوسا تورین و ڤلاتکۆ ڤیدرال. سوپاسی میریلا دومیک دەکەین، بەڕێوەبەری ئەنستیتۆتی خوێندنی باڵای زانکۆی سەرەیی، کە بە نزیکەیی هەر تەنها خۆی وۆرکشۆپێکی فێرکاریی ئاستبەرزی زۆر سەرکەوتووی نێودەوڵەتیی ڕێک خست بە ناونیشانی زیندەناسیی کوانتەمی: بارودۆخی ئێستا و هەڵەکانی بەردەمی، لە زانکۆی سەرەیی لە ٢٠١٢دا، کە بە هاوبەشیی لە لایەن IAS، BBSRC (ئەنجوومەنی توێژینەوە لەسەر زیندەتەکنەلۆژیا و زانستی زیندەناسی) و پرۆژەی MILES (مۆدێلەکان و ماتماتیک لە ژیان و زانستی کۆمەڵایەتی). ئەم کارگەیە ژمارەیەک کەسایەتیی گرنگی کۆ کردەوە - ئەم بوارە هێشتا نوێیە و ژمارەی کارەکان بە ڕاستی کەمە - کە لە ئێستادا لەسەر زیندەناسیی کوانتەمی بە پانتایی هەموو جیهان توێژینەوە دەکەن و یارمەتیی داین هەست بکەین ئێمە بە ڕاستی بەشێکین لەم کۆمەڵگە توێژەرە سەرسوورهێنەرە.

کاتێک یەکەم درافتی کتێبەکە دروست بوو، لە چەند کەس لەو هاوکارانە داوامان کرد بیخوێننەوە و ڕای خۆیانمان پێ بڵێن. بە تایبەتی زۆر سوپاسی مارتین پلینۆ، جنیفەر بروکس، ئەلیکساندەر ئۆلیا - کاسترۆ، گریگۆری شۆلز، نیگل سکروتۆن و لوسا تورین دەکەین. سوپاسێکی گەورە بۆ نوێنەرەکەمان پاتریک والش، کە

نەیهێشت کتێبەکە ڕابوەستێت و بۆ ساڵی گامینارا لە ڕاندۆم هاوس، بۆ ئەو ئیمانەی بە ئێمە و سەرسامییەکەی بە پرۆژەکەمان هەیبوو. تەنانەت سوپاسێکی گەورەتر شایانی پاتریک و کاری پلیت لە کانڤیل و واڵشە، بۆ ئامۆژگارییەکانیان و پێشنیازەکەیان سەبارەت بە ڕێسا و فۆرماتی کتێبەکە و یارمەتییەکەیان لە دروستبوونی چوارچێوەی کۆتاییەکەی کە بە ڕادەی ساڵێکی ڕووناکی دووره لەوەی کە لە سەرەتادا هەبوو. بە هۆی ڕێنووسە دراوشاوەکەی، خۆمان بە قەرزاردری گیلیان سامێرسکەیل دەزانین.

لە کۆتاییدا، هەڵبەت نەک بە واتای لە کۆڵ خۆکردنەوە، حەزمان لێیە سوپاسی خانەوادەکانمان بکەین بۆ پشتگیرییە بێهاوتاکەیان، بە تایبەت لەو کاتەدا کە تووشی کاتی کۆتایی خۆمان و وەشانکار دەبووین، کە واتای ئەوە بوو هەموو ئەرکەکانی ترمان وەلاوە بنێین و خەریکی لاپتۆپەکەمان بین. ئێمە زۆر لە ئێوارانەکان و کۆتایی هەفتەکان و پشووە خانەوادەییەکانمان لە دەست دەدا، چونکە لەو ماوەیەدا زیندەناسیی کوانتەمی هەڵبژاردنی یەکەممان بوو. هیوادارین کتێبەکە بایەخی ئەوەی هەبووبێت.

بۆ هەردووی ئێمە و بۆ بواری نوێی زیندەناسیی کوانتەمی، هیوادارین هەر هیچ نەبێت سەفەرەکەمان دەستی پێ کردبێت.

جیم ئەلخەلیلی، جانجۆ ماکفادین

ئابی ٢٠١٤

١
پێشەکی

سەرەتای ئەمساڵ زوقمی زستانە گەیشتە ئەورووپا و سەرمایەکی سمێنەر هەوای ئێوارەی داگیر کردووە، لە زیهنی باڵندەی سینگ سووری لاودا هەستێکی لێڵ بە مەبەستی گەشەسەندن بۆ بەهێزتربوون نێژراوە. باڵندەکە چەند هەفتەی پێشوو زۆر زیاتر لە ئاسایی خۆی لە مێروو و جاڵجاڵۆکە و کرم و هەموو جۆرەکانی تۆی خواردووە و لە ئێستادا بە نزیکەیی کێشەکەی لەچاو ئەو کاتەی لە مانگی ئابدا لە هێلانەکەی جووجەڵەکانی هەڵفراندبوو، ٢ بەرامبەر بووەتەوە. ئەم خواردنە زۆرە بە شێوەی چەوری پاشەکەوت دەکرێت، کە ئەو وەک سووتەمەنی بۆ سەفەرێکی دەریایی دوورودرێژ بە کاری دەهێنێت.

ئەمە یەکەم گەشتی درێژی ئەوە، لە دارستانەکانی سنەوبەر لە ناوەڕاستی سویدەوە دەست پێ دەکات، کە لەوێ ماوەیەکی کەم ژیاوە و هەر لەوێش چەند مانگ لەوەوپێش جووجەڵەکانی هەڵفڕاند. بەختی باشی هەبوو کە زستانی سەختی نەبینی، لە ماوەی ساڵی ڕابردوودا ئەو بە ڕادەی پێویست گەشەی نەکردبوو، هەر بۆیە بە ڕادەی پێویست بەهێز نەبوو تا ئەو سەفەرە دوورودرێژە بکات. بەڵام

ئێستا تا بەهاری دواتر ئیتر لە بەرپرسیارێتیی دایکایەتی ڕزگاری بووە، ئەو تەنها بیری لە خۆی دەکردەوە و ئامادە بوو بۆ ئەوەی بفڕێت تا زستان لە شوێنێکی گەرمتر بژی.

چەند سەعات دوای ئاوابوونی خۆر، لەجیاتیی ئەوەی لە شوێنێکدا شەو بسرەوێت لەسەر ئەو چلۆچێوەی لەسەر لقی درەختێکی گەورە، کە لە بەهاری ساڵی ڕابردووەوە کۆی کردبووەوە و کردبووی بە هێلانە، خۆی بە خێرایی ڕاوەشاند، وەک ڕاکەرێکی ماراسۆن پێش ئەوەی دەست بکات بە پێشبڕکێ، سینگە پرتەقاڵییەکەی لە تریفەی مانگەشەودا دەدرەوشایەوە. هەوڵە زەحمەتاوییەکانی بۆ دروستکردنی هێلانە ئێستا ئیتر تەنها بیرەوەرییەکی لێڵ بوو.

ئەو تەنها باڵندەی سینگ سوور (robin) نییە کە ئامادەیە بۆ سەفەر، ڕۆبینەکانی تریش - هەردووی نێر و مێ – بڕیاریان داوە کە ئێستا دەبێت ئەو شەوە ڕاستە بێت بۆ ئەوەی کۆچەکەیان بەرەو باشوور دەست پێ بکەن. لە درەختەکانی دەوروبەری ئەو گوێی لە دەنگی ئاوازی باڵندەکان بوو کە تێکەڵ دەبوون بە دەنگی نزمی بوونەوەرەکانی تری دارستان. باڵندەکان هەست دەکەن دەبێت ڕۆیشتنەکەیان بە دەنگی بەرز بە دانیشتوانی تری دارستان ڕابگەیەنن، ئەوان دەبێت پێش ئەوەی هێرش بکەنە سەر باڵندەکان و هێلانە بەتاڵەکان، بیر بکەنەوە کە ئەوان ڕۆیشتوون. بۆ ئەمانە دەبێت ڕۆبینەکان زۆرترین دڵنیایی بدەن کە لە بەهاردا دەگەڕێنەوە.

بە لارکردنەوەی خێرای سەری بۆ ئەوەی دڵنیا بێت کەنارەکان ڕوونە، فڕیی و ئاسمانی ئێوارەی گرتە بەر. بە درێژبوونەوەی زستان، پێش ئەوەی جارێکی تر پشوو بدات، ئەو نزیکەی ١٠ سەعات کاتی هەبوو بفڕێت.

ئەو ئاڕاستەیەی ١٩٥ پلە (١٥ پلەی بەرەو باشووری خۆرئاوا) گرتووەتە بەر، لە ماوەی ڕۆژەکانی داهاتوودا ئەو بە نزیکەیی هەر لەسەر ئەم ئاڕاستەیەدا درێژەی بە فڕین دەدا، لە ڕۆژێکی خۆشدا

نـزیکەی ٢٠٠ مایـڵ دەفڕێـت. ئەو هـیچ ئایـدیایەکی لەسـەر درێژیـی گەشتەکە نییە و ناشزانێت چەندێکی پێ دەچێت. ناوچەی دەوروبەری درەختی سەوزی ئاشنای تێدایە، بەڵام ئەو بەسـەر بەرزونزمییەکـان و دەریاچەکان و دۆڵەکان و شارەکاندا دەفڕێت.

لە شـوێنێکی نزیـک دەریـای ناوەڕاسـت دەگـات بە مەبەسـتەکەی خۆی؛ هەرچەندە بە دوای شـوێنێکی تایبەتدا ناگەڕێت، کاتێک دەگات بە شـوێنێکی خۆش ڕادوەستێت هەندێک نیشـانەی لۆکاڵی لە زیهنیدا ڕادەگرێـت بـۆ ئەوەی لە سـاڵانی دواتـردا بتوانێـت بـۆی بگەڕێـتەوە. ئەگەر ئەو بەهێز بێت، تەنانەت دەتوانێت بفڕێت و هەمـوو کەنارەکـانی باکووری ئەفریقا ببڕێت. بەڵام ئەمە یەکەم کۆچیەتی و ئەو تەنها بیر لە دوورکەوتنەوە لە سەرمای دڕی باکووری ئەورووپا دەکاتەوە. ئەو سـەرنجی بە سـینگ سـوورەکانی دەوروبەری نەدەدا کە بە نزیکەیـی هەموویان لە هەمان ئاڕاستەدا دەفڕین و هەندێکیان چەندین جار ئەم گەشتەیان کردووە. توانـای بینینی لە شـەودا زۆر باشـە، بەڵام ئەو نە بە دوای هیچ نیشانەیەکدا دەگەڕێت - وەک ئێمە کە دەچین بۆ سـەفەر – و نە سەیری ڕیزبەندیی ئەستێرەکان لە ئاسمانی سـاف دەکـات، کە نەخشەی ئاسمانی و بورجەکان لە ڕێدا پیشـاندەری ژمـارەیەکی زۆر باڵندەی کۆچەریی ترە. لەجیاتیی ئەوە، ئەو تواناییەکی سەیری هەیە و لە مـاوەی چەنـدین ملیـۆن سـاڵدا بە ڕێـگەی پەرەسـەندن پەیـدای کردووە، بە هـۆی ئەم توانـاییەوە ئەو دەتوانێت کۆچی پـایزەی خـۆی دەست پێ بکات، کە گەشتێکی ٢٠٠٠ مایلییە.

کـۆچ لە جیهـانی گیاندارانـدا هەڵـبەت شـتێکی ئاسـاییە. بـۆ نمـوونە هەمـوو زسـتانێک ماسـیی سـەلەمۆن لە ڕووبارەکـان و دەریاچەکانـدا گەرا دادەنـێن و بێچووەماسـیی لاو دوای هـاتنەدەرەوە لە گەرا لە ڕووبارەکـانەوە بەرەو دەریـا دەگەڕێـتەوە بـۆ ئەوەی گەشـە بـکەن و گەورە بـبن؛ ٣ سـاڵ دواتـر ئەم سـەلەمۆنە لاوانە بـۆ گەرادانـان دەگەڕێنەوە بـۆ هەمـان ڕووبـار و دەریـاچە. پەپـوولە فەرمانڕەواکـانی

ئەمەریکـــــا هەزاران مایــــڵ بەرەو باشـــــوور بە پانتـــــایی وڵاتە یەکگرتووەکانی ئەمەریکا سەفەر دەکەن، ئەوان یان نەوەکانیان (ئەگەر لە ڕێگەکەدا بـزێن) لە بەهـاردا بەرەو بـاکوور دەگەڕێـنەوە بـۆ سـەر هەمان ئەو درەختـانەی لەوێ بە شـێوەی کرمـی لارفۆ بـوون. کیسـەڵە سـەوزەکان کە لە کەنارەکـانی دوورگەی ئەسینسـن لە باشـووری زەریـای ئەتڵەسـی هـێلەکە دەکەن، بە پانتـایی چەنـدین هەزار مـایڵی زەریا پێش گەڕانەوە، هەر ٣ ساڵ جارێک مەلە دەکەن بۆ ئەوەی ڕێک لە هەمـان شـوێنی هێلکەدانـانی هەمیشـەیی لە کەنـاری دەریـادا هـێلکە بکەن کە پێشتر کۆچیان لێی کردووە. لیستەکە دوورودرێژە: زۆر لە جۆرەکـانی باڵنـدە، نەهەنگەکـان، ئاسـکی شـاخداری کەنەدی، قرژاڵـی دڕکـاویی دەریـایی، بۆقەکـان، سـەمەندەر و تەنـانەت مێشـهەنگوێن، هەموویـــان توانـــای ئەوەیـــان هەیە کە ئاڵنگـــاری بـــۆ گەورەتـــرین سەرکەشییەکانی مرۆڤ بکەن.

گیانـداران چـۆن دەتـوانن ئەم ڕێگایـانە لەسـەر زەوی بـدۆزنەوە؟ ئەمە بۆ سەدان ساڵ نهێنی بووە. ئێمە ئێستا دەزانین ئەوان مێتۆدی جۆراجـۆر بە کـار دەهێـنن: هەنـدێکیان ڕێنمـایی لە خـۆر لە ڕۆژدا وەردەگـــرن و هەندێکیشـــیان لە شـــەودا ڕێنمـــایی لە ئاســـمانەوە وەردەگرن؛ هەندێک نیشـانەکانی سـەر زەوی بە بیریـان دەمێنێتەوە و هەندێکیشـیان بـۆن بە ڕێگاکەیـانەوە دەکەن. بەڵام سـەیرترین هەسـتی ڕێنمـایی لە نـاو هەمـوو ئەمـانەدا دەگەڕێـتەوە بـۆ باڵنـدەی سـینگ سووری ئەورووپی (Robin): تواناییەکەی بۆ دۆزینەوەی ئاڕاستە و تونـدیی بـواری مەگنەتیکیـی زەوی، ناسـراوە بە مەگنەتیـک وەرگـر (Magnetic reception). هەروەهـا تـا ئەو جێگەیەی ئێمە دەزانین ژمـــارەیەکی تـــر لە بوونەوەرەکـــان ئەم تایبەتمەنـــدییەیان هەیە، ئەو ڕێگەیەی باڵندەی ڕۆبینی ئەورووپی دیدەدۆزێتەوە بۆ ئەوەی لەسـەر گۆی زەوی سەفەر بکات، لەم باسەدا حەزی گەورەی ئێمەیە.

میکـانیزمەکە کە ئەو توانـاییە دەدات بە ڕۆبینەکەمـان بـۆ ئەوەی بزانێـت تـا کـوێ دەبێـت بفڕێـت و لە کـام ئاڕاسـتەیەدا، لە نـاو DNAیەکەیدا کە لەدایکوبـاوکیەوە بە بۆمـاوە پێـی گەیشـتووە و کـۆد کراوە. ئەم توانایە پێشکەوتووترین و نائاسـاییترینەکەیانە- هەسـتێکی شەشەمە بۆ ئەوەی ڕێگەکەی دیاری بکات. هاوشـێوەی مێروەکـان و بوونەوەرە دەریاییەکان ئەویش ئەو هەستەی هەیە کە بواری لاوازی زەوی هەسـتی پـێ بکـات و زانیـاریی ئاڕاسـتەی لـێ وەربگرێـت، بە ڕێگەیەک کە لە لەدایکبوونەوە هەستی ئاڕاستەدۆزینەوەی لەگەڵە، کە لە نموونەکەی ئەودا جۆرێک بزۆکەی کیمیایی سەرسوورهێنەرە.

بەرگریی موگناتیسیی زەوی زۆر ئاڵۆزە. پرسـەکە بریتییە لەوەی بـــــواری موگناتیســــیی زەوی زۆر لاوازە- لە نێـــــوان ٢٠ و ٧٠ مایکرۆتیسلا لەسەر ڕووبەرەکەیە، کە بەسە بۆ لادانی هاوسـەنگییەکی زۆر ورد و لانیکەم بزۆکەیەکی بێهێزی لێخشاندن. گەورەیەکەی تەنها ١ لەسـەر ١٠٠ی هێزی موگناتیسیی ساردکەرەوەیەکی ئاساییە. ئەمە مەتەڵێـک دەهێنێـتە ئـاراوە: بـــواری موگناتیســـیی زەوی لەگەڵ مۆلکیوڵگەلێـک لە نـاو خـانەی زینـدوو کارلێـک دەکەن کە بـڕەکەی کەمترە لە ١ ملیاردی وزەی پێویست بۆ شکاندنی بەندە کیمیاییەکان، کەوابوو ئەمە چۆن دەکرێت ڕۆبین هەستی پێ بکات؟

نهێنییەکە زۆر سەرنجڕاکێشـە، چونکە هەمیشـە ئیمکانێک هەیە کە شیکارەکانیان بگات بە گۆڕانی بنچینەیی تێگەیشـتنمان سـەبارەت بە جیهـان. بیرکردنەوەکـانی کۆپەرنیکـۆس لە سـادەی ١٦ سـەبارەت بە پرسێکی تـا ڕادەیەک بچووک سـەبارەت بە مـۆدێلی زەویـی ناوەنـدی تولەمـای بـۆ کـۆمەڵە خـۆر، هـانی دا تـا ناوەنـدی کێشـکردنی هەمـوو گەردوون بگۆڕێـت، بە شـێوەیەک لە دەسـتی مـرۆڤ بە دوور بێـت. حەزی داروێـن بـۆ بڵاوبـوونەوەی جیـۆگرافیی جۆرەکـانی گیانـدار و نهێنیی ئەوەی جۆرە دابڕاوەکانی فنس لە دوورگە و مۆکینگبێردەکان بـۆ هێنـدە تـایبەتن، ئەوی بەرەو تیـۆریی ئێڤلۆشـن (پەرەسـەندن) بـرد.

هەروەهـا چارەســەری فیزیـایی ئەڵمـانی، مـاكس پلانـك بـۆ نهێنیـی تیشـكدانەوەی تەنـی ڕەش، پەیوەندیـدار بەو تەنە گەرمـانەی وا تیشـك دەدەنەوە، بــردی بەرەو ئەوەی پێشــنیاز بكــات كە وزە بە شــێوەی پـارچەی وردە كە نـاوی نـا كوانتـا، ئەمە بـردی بەرەو لەدایكبـوونی كـوانتەم لە ســاڵی ١٩٠٠دا. هەر بـۆیە ئایـا دەكرێـت شـیكاری ئەوەی باڵندەكان ·ڕێگەكەیان لەسەر هەسارەی زەوی دەدۆزنەوە، ئایا دەگات بە شۆڕشێك لە زیندەناسیدا؟ وەڵامەكە لەوەدەچێت بەڵێ بێت.

بەڵام نهێنیی لەو شێوەیە دەكرێت جێگەی گرنگی زڕەزاناكان و عارفەكـانیش بێـت؛ وەك كیمیـایی ئاكسـفۆرد، پیـتەر ئـاتكین لە ســاڵی ١٩٧٦دا باســی دەكــات: "لێكــۆڵینەوە لەســەر كــاریگەریی بــواری مەگنەتیكیی زەوی بووە بە بوارێك بۆ قەرەباڵغكردنی كلاوچییەكـان."[١]

لە ڕاســتیدا هەمــوو شــێوازە لێكــدانەوە سەیروســەمەرەكان لە تیلەپـاتییەوە بیگـرە تـا دەگـات بە هـێڵە لەیـیە (ley) كۆنەكـان (ڕێـچـكە كەسـنەبینەكانی بەسـتنەوەی شـوێنە جۆراجۆرەكـانی دێرینەناسـی و جـوگرافی كە وا دادەنرێـت وزەی مەعنەویـی پـێ دراوە) بـۆ چەمكـی زرینگــانەوەی مۆرفیــك (morphic resonance) كە لە لایەن پاراسایكۆلۆجیســتی جەنجــاڵی، ڕۆبێــرت شــێلداركە (Rupert Sheldrake) داهێنـراوە، هەنـدێك خـاڵ پێشـنیاز دەكەن كە لە لایەن باڵندە كۆچەرییەكـانەوە لەسـەر ڕێچكەكانیـان بە كـار دێـت. بۆچـوونی ئاتكین (Atkins) لە ساڵانی ١٩٧٠دا، لە ئەنجامدا شیاو بۆ تێگەیشتن بـوو، دوودڵییەكـی خسـتە نـاو زۆرترینـی زانایـانەوە كە لەو كـاتەدا كاریـان دەكـرد لەسـەر هەر پێشـنیازێك سـەبارەت بەوەی ئاژەڵەكـان لەوانەیە توانـای هەسـتپێكردنی بـواری مەگنەتیكیـان هەبێـت. وا دیـار نەبـوو هـیچ میكـانیزمێكی مۆلكیـوڵی كە هەڵبـدات بە ئاژەڵێـك بـۆ ئەو

---

[1] P. W. Atkins, "Magnetic field effects," Chemistry in Britain, vol. 12 (1976), p. 214·

مەبەستە بە کاری بهێنێت- لانیکەم بە هیچ شێوەیەک لە ناوچەی بایۆکیمیای ئاساییدا نییە.

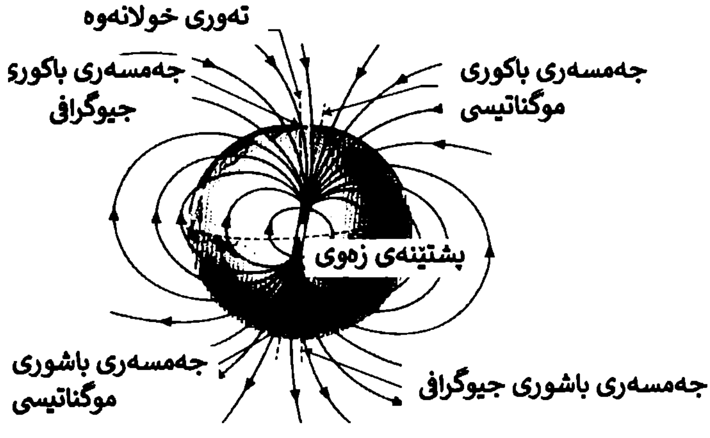
هەر لە هەمان ساڵدا کە پیتەر ئاتکین گومانەکەی خۆی ڕاگەیاند، وۆلفگانگ و ڕۆزیتا ویلچسکۆ (Wolfgang and Roswitha Wiltschko)، تیمێکی ژنومێردی ئەڵمانیی باڵندەناس (ornithologists) لە فرانکفۆرت، وتارێکی زانستیی ڕچەشکێنیان لە جورناڵی ساینسدا بڵاو کردەوە، کە یەکێکە لە جورناڵە ئاکادیمییە پێشڕەوەکانی جیهان، کە بێگومان دەری دەخست ڕۆبینەکان موگناتیسی زەوی بە کار دەهێنن[2]. بەڵام لەوە سەرنجڕاکێشتر ئەوان پیشانیان دابوو کە هەستکردنی باڵندەکان هاوشێوەی بزۆکەی ئاسایی قیبلەنما نییە، چونکە قیبلەنما جیاوازیی نێوان موگناتیسی جەمسەری باکوور و باشوور هەست پێ دەکات و ڕۆبین تەنها دەکرێت جیاوازی بکات لە نێوان جەمسەر (pole) و پشتێنەی زەوی (equator).

بۆ تێگەیشتن لەوەی چۆن شتێک وەک بزۆکەی موگناتیسی کار دەکات، ئێمە پێویستە هێڵەکانی بواری موگناتیس لەبەرچاو بگرین، هەندێک هێڵەنیشانەی کەسنەبین کە ئاراستەی بواری موگناتیسی زەوی و ئاراستەی بزۆکەی قیبلەنما دیاری دەکات، جا لە هەر شوێنێکی بوارەکەدا جێگیر بکرێت- شتێک کە لەم بابەتەدا زۆرترین ئاشناییمان لەگەڵی هەیە، ئەو هێڵانەیە کاتێک وردەئاسن لەسەر پارچەیەک کاغەز لە نزیک شووڵێکی موگناتیسی دادەنرێت. ئێستا وای دابنێ کە زەوی خۆی هەر هەمووی موگناتیسێکی گەورەیە کە هێڵەکانی بوار لە جەمسەری باکوورەوە دەردەچن و بە شێوەی چەماوەیەک دەگەن بە جەمسەرە باشوورییەکە (سەیری وێنەی ١:١ بکە). ئاراستەی ئەم هێڵەبوارانە لە نزیکی هەر کام لە جەمسەرەکان

---

[2] S. Emlen, W. Wiltschko, N. Demong and R. Wiltschko, "Magnetic direction finding: evidence for its use in migratory indigo buntings," Science, vol. 193 (1976), pp. 505–8

بە شێوەی ستوونی دێتە دەرەوە یان دەچێتە ژوورەوە، بەڵام ئەوان لە نزیک پشتێنەی زەوی تەختتر و هاوڕێکی ڕووبەری زەوی دەبن. کەوابوو بزۆکەیەک کە گۆشەی نێوان هێڵەکانی بواری موگناتیس و ڕووبەری زەوی دەپێوێت کە ئێمە پێی دەڵێین قیبلەنمای (جەمسەرنما) لێژی، دەکرێت جیاوازی بکات لە نێوان ئاڕاستەی بەرەو خوارەوەی جەمسەرێک و ئاڕاستەی بەرەو پشتێنەی زەوی، بەڵام ناتوانێت جیاوازی بکات لە نێوان جەمسەرەکانی باکوور و باشوور، چونکە هێڵەکانی بوار هەمان گۆشە لەگەڵ زەوی لە هەر ٢ جەمسەرەکەدا دروست دەکەن. لە ساڵی ١٩٧٦دا لێکۆڵینەوەی ویلتشکۆکان (Wiltschkos) ئەوەی هێنایە ئاراوە هەستی موگناتیسیی ڕۆبینەکان ڕێک وەک بزۆکەیەکی لار کار دەکات. کێشەکە ئەوە نییە بەڵگەیەک هەبێت ئەم بزۆکە لارپێوانە لەوانەیە چۆن کار بکەن، لەو کاتەدا بە سادەیی میکانیزمێک کە بکرێت حیسابی لەسەر بکرێت بۆ ئەوەی چۆن بکرێت گۆشەی لێژیی بواری موگناتیسیی زەوی لە لەشی گیانداریکدا دەربخرێت، نەدەناسرا یان تەنانەت وێناش نەدەکرا. وەڵامەکە دەچێتە ناو یەکێک لە تیۆرییە سەرسووڕهێنەرەکانی سەردەمی نوێ و دەبێت بە زانستە سەیرەکەی میکانیکیی کوانتەمی کاری لەگەڵ بکرێت.



وێنەی ١:١
بواری موگناتیسیی زەوی

حەقیقەتی خێوەکیی شاراوە

ئەگەر ڕاپرسییەک لە ناو زانایاندا بکرێت سەبارەت بەوەی سەرکەوتووترین و بەربڵاوترین و گرنگترین تیۆری لە هەموو زانستدا چییە، وەڵامەکە بە ئەگەری زۆرەوە بەندە لەسەر ئەوەی ئەو کەسەی پرسیاری لێ دەکەیت کار لەسەر فیزیا بکات یان زانستی ژیان.

زۆرترینی زیندەناسەکان تیۆریی داروین سەبارەت بە پەرەسەندن بە ڕێگەی هەڵبژاردنی سروشتی وەک قووڵترین ئایدیا دەبینن. بە هەرحاڵ، بۆ فیزیاییەک بە دڵنیاییەوە فیزیای کوانتەم دەبێت ئەو جێگە بەرزەی هەبێت- لە دوای هەموو ئەمانە، ئەم زانستە بریتییە لە بنچینەی زۆرترینی ئەو شتانەی کە فیزیا و کیمیا دروستیان کردووە و وێنەیەکی تا ڕادەیەکی زۆر تەواومان لە خشتەکانی دروستکەری گەردوون دەداتێ. لە ڕاستیدا بەبێ ئەم لێکدانەوەیە، زۆرترینی

تێگەیشتنەکانی ئێستامان سەبارەت بە چۆنێتیی کارکردنی گەردوون نامێنێت.

بە نزیکەیی هەموو کەسێک سەبارەت بە میکانیکیی کوانتەمی بیستوویەتی و ئەو ئایدیایەیان هەیە کە ناوچەیەکی گێژکەر و قورسی زانستە، کە تەنها ژمارەیەکی کەم لە خەڵکی زۆر زیرەک تێیدەگەن و بەشێکی زۆر گەورەیە لە کولتووری گشتی. لەگەڵ ئەوەشدا ڕاستییەکەی ئەوەیە کە میکانیکیی کوانتەمی بەشێکی گرنگی ژیانمان لە سەرەتای ساڵانی سەدەی ٢٠ەوە بووە. زانستەکە وەک تیۆرییەکی ماتماتیکی لە ساڵانی ١٩٢٠ەکانەوە بۆ ئەوەی ئەژمارکردن بۆ جیهانی شتە وردەکان بکات (کە پێی دەگوترێت جیهانی ورد (microWorld)) پەرەی سەند، کە دەکرێت بگوترێت ڕەفتاری ئەتۆمەکان کە دروستکەری هەموو شتێکن کە لە دەوروبەری خۆماندا دەیبینین و تەنانەت تایبەتمەندیی ئەو تەنۆلکانەی کە ئەم ئەتۆمانە پێک دەهێنن. بۆ نموونە لە شرۆڤەی ئەو ڕێسایانەی کە ئەلیکترۆنەکان ملکەچین و چۆن ئەوان خۆیان لە ناو ئەتۆمدا ڕێک دەخەن، میکانیکیی کوانتەمی بنچینەی هەموو کیمیا، زانستی مادە و تەنانەت ئەلیکترۆنیکە. سەرەڕای سەیرییەکەی، ڕێسا ماتماتیکییەکانی دەکەوێتە ناو دڵی زۆرترین پێشکەوتنە تەکنەلۆجیاییەکانی نیو سەدەی پێشوو. بەبێ میکانیکیی کوانتەمی لێکدانەوەی ئەوەی چۆن ئەلیکترۆنەکان لە ناو مادەدا دەجووڵێن، لە ڕەفتاری نیمچەگەیەنەرەکان کە بنچینەی ئەلیکترۆنیکی نوێیە، تێنەدەگەیشتین و بەبێ تێگەیشتن لە نیمچەگەیەنەر نەماندەتوانی ترانزیستەرە سیلیکۆنییەکان و دواتر مایکرۆچیپ و کۆمپیوتەری نوێ پەرە پێ بدەین. لیستەکە درێژتر دەبێتەوە: بەبێ پێشکەوتنی زانستیمان بە ڕێگەی میکانیکیی کوانتەمی لەیزەر و هەروەها CD و DVD و پلەیەرە تیشک شینەکان نەدەبوون، بەبێ میکانیکیی کوانتەمی سمارتفۆنەکانمان و ئاڕاستەکەرەکانی مانگی دەستکرد یان سکانەرەکانی MRI

نەدەبــوون. لە ڕاســتیدا بەراورد کــراوە کە زیــاتر لە ١ لەســـەر ٣ی بەرهەمی نـاپەتیی نیشتمانیی (GDP-gross domestic product) جیهانی پێشکەوتوو بەندە لەسەر ئەو بەکارهێنانانەی کە نەدەبوون، ئەگەر تێگەیشتنمان بۆ کارکردنی جیهانی کوانتەمی نەبوایەت.

بەڵام ئەمە تەنها سەرەتایە. دەکرێت داهاتووی کوانتەم لە ماوەی ژیـانی خۆمانـدا ببینـین، لەوانەیە توانـای کارەبـایی لەو لەیـزەرانەوە دەستمان بکەوێت کە لە ناوکەیەکبوونەوە وەردەگیرێن؛ کاتێک ماشینە مۆلکیولییە دەسکردەکان ژمارەیەکی زۆر و بەربڵاو لە ئەرکەکان لە بــواری ئەنـدازیاری و بایۆکیمیـا و پزیشــکی ئەنجـام دەدەن؛ کاتێـک کۆمپیوتەری کوانتەمیی زیرەکی دەستکرد دروست دەکات، هەروەها ئەو تواناییەی تەکنەلۆژیای چیرۆکە زانستییە خەیاڵییەکان سەبارەت بە تەلەپۆرت پیشانی دەدات، لە گواستنەوەی زانیاریدا بە کار بێت. شۆڕشی کوانتەمیی سەدەی ٢٠ هاتووەتە سەدەی ٢١ەوە و ژیانمان بە هەندێک ڕێگە دەگۆڕێت کە وێناشی ناکرێت.

بەڵام بە وردی میکانیکیی کوانتەمی چییە؟ ئەمە ئەو پرسیارەیە کە ئـێمە لەم کتێبەدا پشـکنینی بـۆ دەکەیـن؛ بـۆ تـامکردن ئـێمە بە چەنـد نموونەیەکی هەقیقەتـی شـاراوەی کـوانتەمی دەست پـێ دەکەیـن کە پشتیوانیی ژیانمان دەکات.

یەکەم نموونەمــان شــرۆڤەی یەکێــک لە ســەیرترین لایەنەکــانی جیهـانی کـوانتەمییە، بە دڵنیـاییەوە لایەنـی شـیاو بـۆ پێناسـەکردنە، کە ئەویـــش بـــریتییە لە ٢ سروشـــتی (Duality) شـــەپۆل - تەنـۆلکە(Wave-particle). ئـێمە لەگەڵ ئەو هەقـیقەتەدا ئاشـنـاین کە ئـێمە و هەمــوو ئەو شـتانەی لە دەوروبەرمانـدان، پێـک هــاتوون لە ژمارەیەکی زۆر تەنـۆلکەی ورد و دانە دانەی وەک ئەتـۆم، ئەلیکترۆن، پرۆتـۆن و نیـوترۆن. تـۆ لەوانەیە ئاگـاداری ئەوەش بیـت کە وزەی ڕوونـاکی بـابەتی وەک ڕوونـاکی یـان دەنـگ بە شـێوەی شـەپۆلە تـا تەنۆلکە. شەپۆلەکان لەجیاتیی خڕبوونەوە بڵاو دەبنەوە و ئەوان وەک

شەپۆلەکانی دەریا بەرزونزمییان هەیە و بە فەزادا دەڕۆن. میکانیکیی کوانتەمی ئەو کاتە لە دایک بوو کە لە ساڵانی سەرەتای سەدەی ٢٠ بینرا تەنۆلکە نیمچەئەتۆمییەکان وەک شەپۆل ڕەفتار دەکەن و شەپۆلەکانی ڕووناکی وەک تەنۆلکە.

هەرچەندە لە ئەمڕۆدا ٢ سروشتی شەپۆل – تەنۆلکە ئەو شتە نییە کە تۆ پێویستە لەبەرچاوی بگریت، بەڵام ئەوە بنچینەی ژمارەیەکی زۆر مەشینی زۆر گرنگە، وەک مایکرۆسکۆپی ئەلیکترۆنی کە ئەو هەلە دەدات بە پزیشکەکان و زاناکان بۆ بینین و دیاریکردن و لێکۆڵینەوە لەسەر شتە زۆر وردەکان، کە هێندە بچووکن کە بە مایکرۆسکۆپی ئۆپتیکی ئاسایی نابینرێن وەک ئەو ڤایرۆسانەی دەبن بە هۆی ئایدز یان سەرماخوردەیی ئاسایی. مایکرۆسکۆپی ئەلیکترۆن کاتێک بیرۆکەکەی هاتە پێشەوە، کە دۆزرایەوە ئەلیکترۆنەکان تایبەتمەندیی شێوەشەپۆلییان هەیە. زانایانی ئەڵمانی ماکس کنۆل (Max Knoll) و ئێرنیست ڕوسکا (Ernst Ruska) گەیشتن بەو ئەنجامەی چونکە درێژەشەپۆلی (مەودای نێوان بەرزی و نزمییە پشتەسەرییەکەکانی هەر شەپۆلێک) پەیوەندیدار بە ئەلیکترۆنەکان زۆر کورتترە لە درێژەشەپۆلی ڕووناکیی ئاسایی، کەوابوو مایکرۆسکۆپێک کە بەندە لەسەر وێنەگری ئەلیکترۆنی، دەبێت توانای وردبینیی زۆر زیاتر بێت لە مایکرۆسکۆپی ئۆپتیکی. هۆکاری ئەمە دەگەڕێتەوە بۆ ئەوەی هەر تەنێکی ورد یان وردەکارییەک کە بچووکتر بێت لەو شەپۆلەی دەکەوێتە سەری، کاریگەرییان لەسەر یەک نابێت. بیر لە شەپۆلی زەریاکان بکەرەوە بە درێژەشەپۆلی چەندین مەتر لمی کەنارەکان دەشواتەوە، ناکرێت هیچ شتێکت سەبارەت بە ڕوخسار و قەبارەی یەک دەنکە لمی تەنیا بە لێکۆڵینەوە لە شەپۆلەکان دەست بکەوێت. تۆ پێویستت بە درێژەشەپۆلی زۆر وردتر هەیە وەک ئەوانەی لە ناو قوتوویەکدا دروست دەبن، لەو جۆرەی هەر کەسێک لەوانەیە لە وانەی زانست بەرکەوتنی لەگەڵی

هەبووبێت، واتە بینینی لمێکی ورد بە ڕێگەی گەڕانەوەی شـەپۆلەکان یـان گەڕانەوە لێـوەی. هەر بـۆیە لە سـاڵی ١٩٣١دا، کنـۆل و ڕوسـکا یەکەمین مایکرۆسکۆپی ئەلیکترۆنییان دروست کرد و بە کاریـان هێنا بۆ گرتنی وێنەی ڤایرۆسەکان کە خەڵاتی نۆبێڵی، بە داخەوە هەرچەند زۆر درەنگ، لە سـاڵی ١٩٨٦دا (٢ سـاڵ پـێش ئەوەی بمرێـت) بـۆ ئەو کارە پێشکەشی کرا.

دووەم نموونەمـان زۆر بنچینەییترە: بۆچی خۆر دەدرەوشێتەوە؟ زۆرترینی خەڵک ئاگادارن کە لە بنەڕەتدا خـۆر ڕیـاکتەرێکی گەورەی نـاوکەیەکبوونە، کە گـازی هایـدرۆجین دەسـووتێنێت و گەرمـا و ڕوونـاکی دەردەدات کە ژیـانی لەسـەر زەوی ڕاگرتـووە، بەڵام ژمـارەیەکی کەم لە خەڵـک دەزانـن کە خـۆر نادرەوشـێتەوە ئەگەر تایبەتمەنـدییەکی کـوانتەمیی گرنـگ ڕوو نەدات کە هەل دەدات بە تەنۆلکەکـان لە نـاو دیـوارەوە تێپەڕ بـبن. خـۆر و لە ڕاسـتیدا هەمـوو ئەستێرەکانی گەردوون توانای دەردانی ئەم بڕە بەرفراوانەی وزەیـان هەیە، چـونکە ناوکەکـانی ئەتـۆمی هایـدرۆجین کە پێـک هـاتوون لە پرۆتۆنێکی بارگاوی بە ناوی پرۆتـۆن، یەک دەگرن بۆ ئەوەی ببن بە یەک و لە ئەنجامـدا وزەیەکـی زۆر لە فـۆرمی تیشـکدانەوەی کارۆموگناتیسیی ئازاد دەبێت، کە ئێمە پێی دەڵێین ڕوونـاکیی خـۆر. ٢ ناوکی هایدرۆجین دەبێت زۆر لە یەکتری نزیک ببنەوە بـۆ ئەوەی ببن بە یەک، بەڵام نزیکبـوونەوەی زۆر دەبێـت بە هـۆی ئەوەی هێزێکـی دوورخەرەوەی بەهێز لە نێوانیاندا دروست ببێت، چونکە هەردووکیـان بارگـاوین و بارگەکەیـان یەکسـانە. لە ڕاسـتیدا بـۆ ئەوەی ئەوان بە ڕادەی پێویست بە یەکتری نزیک ببنەوە تـا ببن بە یەک، تەنۆلکەکـان دەبێت توانای ئەوەیان هەبێت هاوتای نیمچەئەتۆمیی دیوارێکی خشـتی ببڕن: کە وا دیارە ناکرێت بسمێت. فیزیـای کلاسیک (بە شـێوەی بـاو تیـۆرییە فیزیـاییە دیاریکراوەکـان (deterministic) کە پـێش تیـۆریی کـوانتەمن، بە ڕێژەیـی تـایبەت و گشتییشـەوە، سـەرجەم پێیـان

دەگوترێت فیزیای کلاسیک- وەک جیاکردنەوەیەک لە میکانیکی کوانتەمی ناکلاسیکی) لەسەر یاساکانی جووڵەی ئیسحاق نیوتن، میکانیک و کێشکردن بونیاد دەنرێت، کە بە باشی شرۆڤەی جیهانی ڕۆژانەی تۆپەکان، کانیاوەکان، مەکینەکانی هەڵم (تەنانەت هەسارەکان) دەکات- کە پێشبینی دەکات نابێت ئەمە ڕوو بدات؛ تەنۆلکەکان نابێت توانای ئەوەیان هەبێت لە دیوارەکانەوە تێبپەڕن و هەر بۆیە خۆر نابێت بدرەوشێتەوە.

بەڵام تەنۆلکەکان کە ملکەچی ڕێساکانی میکانیکی کوانتەمین، وەک ناوکی ئەتۆم، فێڵێکی جوان و ڕێکوپێکیان هەیە: ئەوان بە ئاسانی لەم بەربەستانەوە بە ڕێگەی پرۆسەیەک کە پێی دەگوترێت تونێلێدانی کوانتەمی، تێدەپەڕن و ئەوەش لە بنەڕەتدا دەگەڕێتەوە بۆ ٢ سروشتی شەپۆل - تەنۆلکە کە ئەم تواناییەیان دەداتێ. ڕێک وەک چۆن شەپۆلەکان دەکرێت لە دەوروبەری تەنەکان بئاوژێن، وەک لمە وردەکانی کەنار دەریا، ئەوان دەکرێت لە تەنەکانەوە تێبپەڕن، هاوشێوەی کاتێک دەتەوێت گوێت لە تەلەڤیزیۆنی ماڵی دراوسێ بێت شەپۆلەکانی دەنگ لە دیوارەکانەوە تێدەپەڕن. هەڵبەت هەوا کە شەپۆلەکانی دەنگ هەڵدەگرێت، بە ڕاستی لە دیوارەکانەوە تێناپەڕێت: ئەوان لەرینەوەی هەوا دروست دەکەن — دەنگ - کە دەبێت بە هۆی ئەوەی دیوارە هاوبەشەکە بلەرێتەوە و پاڵ بە هەواوە بنێت بۆ ناو ژوورەکەت بۆ ئەوەی هەمان شەپۆلی دەنگ بۆ گوێیەکانی تۆ بگوازرێتەوە. بەڵام ئەگەر تۆ بتوانیت وەک ناوکی ئەتۆمێک ڕەفتار بکەیت، هەندێک جار ئەو تواناییەت دەبێت، هاوشێوەی خێو لە دیوارێکی ڕەقەوە تێبپەڕیت (هەرچەندە ئەوە هەڵەیە وا بیر بکەینەوە کە تونێلێدانی کوانتەمی دەلاندنی بەربەستە فیزیاییەکانە. ئەمە بە هۆی شەپۆلی ماتماتیکیی ئابستراکتەوەیە کە ئەو هەلەمان بۆ دەڕەخسێنێت کە ئەگەری دۆزینەوەی لەپڕی تەنۆلکەیەکی کوانتەمی لەولای بەربەستەکە هەژمار بکەین. ئێمە لەم کتێبەدا هەوڵ دەدەین

بەراوردکاریی شـهوودی بـۆ شـیکاریی دیـارده کوانتەمییەکـان بکەیـن، بەڵام لە ڕاستیدا میکانیکیی کوانتەمی بە تەواوەتـی دژ بە ژیریـی بـاوە و نابێت مەترسیی سادەبینیمان مەبەسـتی ڕوونکردنەوەی زۆر لە بیـر بچێت). نـاوکی هایـدرۆجین لە بەشـی نـاوەوەی خـۆردا بە وردی ئەمە ئەنجام دەدات: ئەو دەتوانێت خۆی پـان بکاتەوە لە بەربەسـتی وزەوە دزە بکـات، وەک ڕۆحێـک کە بە ڕادەی پێویسـت بە دیوارێـک نزیـک دەبێتەوە تا لەودیوەوە جووت ببێتەوە لەگەڵی. بۆیە ئەگەر جارێکی تر لە ڕۆژێکی خۆرەتاو لەسەر کەنـاری دەریـادا خـۆت بینییەوە، سـەیری شـــەپۆلەکان بـــکە کە دەکەون لە کەنـــارەکە، بیـــر لە جـــووڵەی شێوەشـەپۆلی خێوەکیی تەنۆلکە کوانتەمییەکـان بکەرەوە کە نە تەنها ئەو هەلەت دەداتێ چێژ لە خۆرەتاو ببینیت، بەڵکو هەموو ژیان لەسەر هەسارەکەمان مومکین دەکات.

سێیەم نموونە پەیوەندیی بە لایەنێکی زۆر جیـاواز و تەنـانەت زۆر سەیری جیهانی کوانتەمەوە هەیە: دیاردەیەک کە ناوی سـەریەککەوتنە (Superposition)، کە بە هـۆیەوە تەنۆلکەکـان دەکرێـت ٢ یـان ١٠٠ یـان تەنـانەت ملیـۆن شـت لە یەک کاتـدا بـکەن. ئەم تایبەتمەنـدییە بەرپرســــە لەو ڕاســــتییەی کە گەردوونـــی ئـــێمە زۆر ئـــاڵۆز و سەرنجڕاکێشە. ماوەیەکی کەم دوای بیگبانگ کە بە هـۆیەوە گەردوون دێتە بوون، فەزا پڕ بوو لە تەنهـا ١ ئەتـۆم: سـادەترین لە ڕێسـادا، واتە هایدرۆجین، کە تەنهـا لە ١ پرۆتـۆنی بـارگە پۆزەتیـڤ و ئەلیکترۆنێکی بارگە نێگەتیڤ دروست بووە. شـوێنێکی خەمهێنەر بـووە، نە ئەسـتێرە و نە هەسـارە بە دڵنیـاییەوە هـیچ ژیـانێکی لـێ نەبـووە، چـونکە هەمـوو خشـــتەکانی دروســـتکەری هەر شـــتێک لە دەوروبەری ئـــێمە، بە خۆمانیشـەوە، پێـک هـاتووە زیـاتر لە هایـدرۆجین و هەڵگـری تـوخمە قورسـترەکانی وەک کـاربۆن، ئۆکسـیجن و ئاسـنن. خۆشـبەختانە ئەم تـوخمە قورسـترانە لە نـاو ئەسـتێرە پـڕ لە هایـدرۆجینەکان دروسـت دەبێـــت؛ دەســـتپێکی دروســـتبوونی توخمەکـــان لە ئـــایزۆتۆپێکی

(Isotope-) قورسـی هایـدرۆجینەوەیە کە پێـی دەگوترێـت دوتریـۆم (فۆرمەکانیتری توخمە کیمیاییەکان کە بە شێوەی جیاواز دەردەکەون، پێیان دەگوترێت ئایزۆتۆپ. توخم بە ژمـارەی پرۆتۆنەکانی نـاو نـاوک دیاری دەکرێت: هایدرۆجین ١ دانەی هەیە، هیلیۆم دوان و تـا دوایـی. بەڵام ژمـارەی نیوترۆنەکـان دەکرێـت زۆر جیـاواز بێت، بەم شـێوەیە هایـــدرۆجین لە ٣ جـــۆردا (ئـــایزۆتۆپ) دەردەکەوێـــت: ئەتـــۆمی هایدرۆجینی ئاسـایی هەڵگری تەنهـا ١ پرۆتـۆنە، لە کاتێکدا ئـایزۆتۆپە قورسەکانی، دوتریۆم و تریتیۆم، بەڕیز هەڵگری ١ یـان ٢ نیـوترۆنن) کە دروستبوونی قەرزداری تۆزێک سیحری کوانتەمییە.

یەکەم هەنگـــاو لە پرۆسـێـــەی دروســـتکردنی ئەوانەی باســـمان کـردوون، بـریتییە لەوەی ٢ نـاوکی هایـدرۆجین، واتە پرۆتۆنەکـان بە ڕادەی پێویسـت بە یەکتـری نزیـک دەبـنەوە و بە ڕێـگەی تونێلێـدانی کوانتەمی، وزەیەکی زۆر بەڕەڵا دەکەن کە دەبێت بە ڕووناکیی خـۆر و هەسـارەکەمان گەرم ڕادەگرێـت. دواتـر ٢ پرۆتـۆنەکە ناچـار دەبـن بلکێن بەیەکەوە و ئەمەش ڕاستەوخۆ نییە، چونکە هێزەکانی نێوانیـان چەسپی بەو ڕادەیە بەهێز فەراهەم ناکات. هەمـوو نـاوکە ئەتۆمییەکـان پێـک هـاتوون لە ٢ جـۆر تەنـۆلکە: پرۆتۆنەکـان و هـاوڕێ بێبـارگە کارەباییەکەیان، واتە نیوترۆنەکان. ئەگەر ناوکێک ژمـارەیەکی زۆر لەم جـۆرە یـان جـۆرێکی تـری هەبێـت، کەوابـوو ڕێسـاکانی میکـانیکیی کوانتەمی دیاری دەکات کە هاوسـەنگیی دەبێت ڕابگیررێت و هەندێک لەوانەی زیادەن، دەگۆڕێن بەوانی تر: پرۆتۆنەکان دەبن بە نیوترۆن یـان نیوترۆنەکـان دەبـن بە پرۆتـۆن، ئەمە بە ڕێـگەی پرۆسـەیەک دەکرێت کە پێی دەگوترێت هەڵوەشـانەوەی بێتـا. ئەمەیە پێمـان دەڵێت کاتێک ٢ پرۆتۆن دێنە پاڵ یەکتری، چی ڕوو دەدات: پێکهاتەیەک لە ٢ پرۆتۆن ناکرێت هەبن و یەکێک لەوان بە ڕێگەی هەڵوەشـانەوەی بێتـا دەبێـت بە نیـوترۆن. پرۆتـۆنی بەجێمـاو و تـازەکە کە گـۆڕاوە بە نیوترۆن دەکرێت پێکەوە بلکێن و شتێک بە نـاوی دوتریۆم دروست

بکەن (ناوکی ئەتۆمێکی دوتریۆم)، دوایی کاردانەوەی ناوکی زیاتر توانایی ئەوە دەدات ناوکی ئاڵۆزتر و توخمی قورستر لە هایدرۆجین دروست ببێت، لە هیلیۆمەوە (بە ٢ پرۆتۆن و ١ یان ٢ نیوترۆنەوە) تا کاربۆن، نیترۆجین، ئۆکسیجین و تا دوایی.

سەرنجی سەرەکی بریتییە لەوەی بوونی دوترۆن بە هاوکات خۆی لە ٢ دۆخدا دەبینێتەوە، بەو ڕێگەیەی پێی دەگوترێت سەریەککەوتنی کوانتەمی. هۆی ڕوودانی ئەمە دەگەڕێتەوە بۆ ئەوەی پرۆتۆن و نیوترۆن دەکرێت بە ٢ ڕێگەی جیاواز یەکتری بناسنەوە کە بە سپین لە یەکتری جیا دەکرێنەوە. دواتر ئێمە دەبینین چۆن ئەم چەمکەی بادراوی کوانتەمی (Quantum Spin) زۆر جیاوازە لە سپینی تەنە گەورەکانی وەک تۆپی تێنس، بەڵام بۆ ئێستا هەر لەگەڵ وێنە کلاسیکییەکەی خۆمان دەبین، بیرکردنەوە لە تەنۆلکەیەکی بەخول و وێنای ئەوەی سپینی هەردووی پرۆتۆن و نیوترۆن لە ناو دوترۆن لە ئاوێتەی سەمای جوان و هێواش و شێتانەدان. لە کۆتایی سالآنی ١٩٣٠دا دەرکەوت کە ئەم ٢ تەنۆلکەیەی ناو دوترۆن پێکەوە لەم دۆخ یان ئەو دۆخ سەما ناکەن، بەڵکو لە هەر ٢ دۆخەکە و بە شێوەی هاوکات دەیکەن - لە هەر بارێکدا ئەوان وەک یەکن - ئەمە ئەو تواناییەیان دەداتێ کە پێکەوە بلکێن (بە شێوەی تەنێک لە دوترۆنەکان هاوسەنگییەکەیان قەرزداری لایەنێکی هێزە ناوکییەکەیە کە پرۆتۆن و نیوترۆن پێکەوە دەهێڵێتەوە و پێی دەگوترێت "کارلێکی تەنسەری" کە جووتەکە ناچار دەکات لەسەریەککەوتنێکی کوانتەمیی ٢ دۆخی تەوژم بە گۆشەدا بن، بە ناوەکانی شەپۆلی S و شەپۆلی D). وەڵامدانەوەیەکی زەق بۆ ئەم گوتەیە – "ئێمە چۆن دەزانین؟" – بریتییە لەوەی بە دڵنیاییەوە، ناوکی ئەتۆم زۆر بچووکتر لەوەیە ببینرێت، هەر بۆیە ئایا زۆر ناژیرانە نییە وای دابنێین کە هەندێک شت لە تێگەیشتنماندا سەبارەت بە هێزە ناوکییەکان ون بووبێت؟ وەڵامەکە نەخێرە، چونکە لە ژمارەیەکی زۆر تاقیگەدا، چەندین جار پشتڕاست

کراوەتەوە، کە ئەگەر پرۆتۆن و نیوترۆن بە شێوەی یەکسان هەر کام لە جۆرەکانی سەما ئەنجام دەدەن، کەوابوو چەسپی ناوکیی نێوان ئەوان هێندە بەهێز نییە پێکەوە بیانلکێنێت؛ ئەمە تەنها کاتێک هەیە، کە ٢ دۆخەکە لەسەر یەکتری سوار بن - ٢ هەقیقەت کە لە ١ کاتدا هەن - هێزەکە بە ڕادەی پێویست بەهێز دەبێت بیانلکێنێت بەیەکەوە. بیر بکەوە لە ٢ هەقیقەتی تێکەڵ بوو، تا ڕادەیەک وەک ٢ ڕەنگ کە لەگەڵ یەکتری تێکەڵ دەبن، بۆ نموونە شین و زەرد، بۆ دروستکردنی ڕەنگی تێکەڵەی سەوز. هەرچەندە تۆ دەزانیت سەوز لە ٢ ڕەنگی سەرەتایی پێک هاتووە، بەڵام نە ئەمە، نە ئەویان. هاوشێوەی لکانی دوترۆن، کاتێک پرۆتۆن و نیوترۆن لە دۆخەکاندا پێکەوە گرێ دەدرێن.

بۆیە ئەگەر تەنۆلکەکان نەیاندەتوانی هاوکات لە ٢ دۆخدا بن، گەردوونی ئێمە لە دۆخی گازی هایدرۆجین دەمایەوە و هیچ شتێکی تر نەدەبوو- نە ئەستێرەکان و نەدرەوشانەوە و نە توخمەکانی تریش و تۆش نەتدەتوانی ئەم کتێبە بخوێنیتەوە. ئێمە هەین چونکە پرۆتۆن و نیوترۆنەکان ئەو توانایییەیان هەیە بەم ڕێگە سەیرە کوانتەمییە ڕەفتار بکەن.

دوایین نموونە دەمانبات بۆ ناو جیهانی تەکنەلۆژیا. سروشتی جیهانی کوانتەمی نە تەنها دەکرێت بۆ بینینی شتە وردەکانی وەک ڤایرۆس بە کار بهێنرێت، بەڵکو دەشکرێت بۆ بینینی ناو لەشمان بە کار بێت. تۆمارکردنی وێنە بە ڕێگەی زرینگانەوەی موگناتیسی (MRI) بریتییە لە تەکنیکێکی پزیشکی کە بە سەرسووڕمانەوە وێنەی وردی شانە نەرمەکان دەخاتە بەردەست. سکانی MRI بە شێوەی ڕۆتینی بۆ چارەسەری نەخۆشییەکان بە کار دێت، بە تایبەتی بۆ دۆزینەوەی لووەکانی ناو ئەندامە ناوەوەییەکان. زۆرترین بەکارهێنانە ناتەکنیکییەکانی MRI ناهێڵێت باسی ئەو ڕاستییە تەکنیکییە بکەین، کە تەکنیکەکان بەندن لەسەر ڕێگەیەکی سەرسووڕهێنەر! MRI هەندێک

موگناتیسی بەهێز بۆ هاوڕێککردنی سپینی تەوری ناوکی ئەتۆمەکانی هایدرۆجین لەگەڵ لەش بە کار دەهێنێت، کە جیهانی کوانتەمی کاری پێ دەکات. ئەم ئەتۆمانە لە دوابیدا بە پاڵسێکی شەپۆلی ڕادیۆیی دەورووژێن، کە ناوکە ڕێکخراوەکان ناچار دەکات لەو دۆخە سەیرە کوانتەمییەی بادراوی هاوکات لە ٢ ئاڕاستەدا بن. تەنانەت بێمانایە هەوڵ بدەین وێنای بکەین، چونکە زۆر دوورە لە ئەزموونی ڕۆژانەمان! ئەوەی گرنگە بریتییە لە کاتێک ناوکەکانی ئەتۆم دەگەڕێنەوە بۆ دۆخی ئارامی- ئەو دۆخەی ئەوانی تێدا بوون پێش ئەوەی پرتەی وزەیان پێ بگات کە دەیانجووڵێنێت بەرەو سەریەککەوتنی کوانتەمی- ئەوان ئەم وزەیە کە لە لایەن ئەلیکترۆنەکان لە سکانەری MRI هەڵگیراوە، ئازاد دەکەن و بۆ دروستکردنی وێنەی جوانی پڕ وردەکاری لە ئەندامەکانی ناو جەستە بە کار دێت. بۆیە ئەگەر لە ناو ئامێرێکی سکانەری MRI ڕاکشایت، لەوانەشە لە هێدفۆنەکەتەوە گوێ لە شمشاڵ بگریت، بۆ ساتێکیش بووە بیر بکەوە لە ڕەفتاری کوانتەمی نائاسایی تەنۆلکە نیمچە ئەتۆمییەکان، کە ئەم تەکنەلۆجیاییەی مومکین کردووە.

زیندەناسیی کوانتەمی

هەموو ئەم کوانتەمە سەیرە چییە کە دەبێت لە فڕینی ڕۆبینی ئەورووپی ئەنجام ببێت تا ڕێگەی خۆی لەسەر گۆی زەوی بدۆزێتەوە؟ بیرتانە باسمان کرد کە توێژینەوەی ویلتیشکۆکان لە سەرەتای سالانی ١٩٧٠ پیشانی دا هەستی موگناتیسیی ڕۆبین بە هەمان شێوە کار دەکات کە قیبلەنمایەکی لار دەیکات. ئەمە مەتەڵێکی نائاسایی بوو، چونکە لەو کاتەدا کەس سەرەداوێکی لەسەر ئەوە نەبوو کە قیبلەنمایەکی لاری زیندەناسی لەوانەیە چۆن کار بکات. بە هەرحاڵ، هەر لەو کاتانەدا زانایەکی ئەڵمانی بە ناوی کلاوس شولتن (Klaus Schulten) حەزی کرد بزانێت چۆن ئەلیکترۆنەکان لە ناو

کـــاردانەوەیەکی کیمیـــایی کە هەڵگـــری ڕادیکـــاڵی سەربەســـتە، دەگـوازرێنەوە. ئەمـانە ئەو مۆڵکیـولانەن کە تەنهـا ١ ئەلیکترۆنیـان لە توێی دەرەوە هەیە، بە پێچەوانەی زۆرترینی ئەلیکترۆنەکانی تر کە لە ڕێچـکەی ئەتۆمییەکـانی تـر بە شـێوەی جـووتن. کاتێـک تایبەتمەنـدیی سەیری سـپین لەبەرچاو دەگرین، ئەمە گرنـگ دەبێت، چونکە جـووت ئەلیکترۆنەکـان ئاڕاسـتەی سـپینەکانیان دژە، هەر بۆیە کۆی گشـتییان دەبێـت بە ٠ و یەکتـری دەسـڕنەوە. بەڵام بەبـێ بـوونی جـووتی سـڕەرەوە، تـاک ئەلیکترۆنەکـان لە ڕادیکـاڵە سەربەسـتەکان سـپینێکی پەتییان دەبێت، کە تایبەتمەندیی موگناتیسیی دەداتێ، واتە سپینەکانیان دەکرێت لە بواری موگناتیسیدا هاوئاڕاستە بن.

شـولتین پێشـنیازی کـرد کە جووتەکـانی ڕادیکـاڵی سەربەسـت بە پرۆسـەیەک دروسـت دەبـن، کە ناسـراوە بە کـاردانەوەی سیانی خێرا (fast triplet reaction) کە دەکرێـت گرێـدراو بێـت بە گیرۆدەیـی کـوانتەمییەوە (Quantum entangled). بە هۆکـارگەلێکی ورد کە دواتـر ڕوون دەبێـتەوە، وەهـا دۆخێکـی کـوانتەمیی وردی ئەلیکتـرۆن زۆر هەستیارە بە ئاڕاستەی بواری موگناتیسیی دەرەکیدا. شـولتین لە دواییدا دێتە سەر ئەو پێشـنیازەی کە قیبلەنمـا نهێنـاوییەکەی باڵنـدەکان لەوانەیە ئەم جۆرە لە میکانیزمی گیرۆدەیی بە کار بهێنن.

ئـێمە هێشـتا باسـی گیرۆدەیـی کوانتەمیمـان نەکـردووە، چـونکە لەوانەیە ئەمە سـەیرترین لایەنـی میکـانیکیی کـوانتەمی بێت. ئەمە هەل دەدات بە تەنۆلکەکـان ئەگەر ١ جـار پـێکەوە بـووبن، بە نزیکەیـی بە شـێوەیەکی سـیحری لە پەیوەنـدی لەگەڵ یەکتـری بمێنـنەوە، بـا زۆر زۆریش لە یەکتری دوور خرابێتنەوە. بۆ نموونە ئەو تەنۆلکانەی کە ١ جـار لە نزیـک یەکتـری بـووبێتن، بەڵام دواتـر هێنـدە لە یەکتـری دوور بخـــرێنەوە کە یەکێکیـــان لەوســـەری گەردوون بێـــت، لانـــیکەم لە پرەنسیپدا، دەکرێت لە پەیوەندی لەگەڵ یەکتری بمێننەوە. لە ڕاستیدا پلّتۆکـدان لە یەکێکیـان بە شـێوەی لەپـڕ دەگـوازرێتەوە بـۆ تەنـۆلکە

هاوبەشــــە دوورەکەی (دەبێــت ئامــاژە بەوە بکەیــن کە فیزیـــاییە کوانتەمییەکان ئەم زمانە سادەیە بە کار ناهێنن. بە دروستی هێشتا ٢ تەنۆلکەکە بە شێوەی نامحەلی گیرۆدەن، چونکە ئەوان چەن بەشێکن لە دۆخێکـی کـوانتەمیی یەکسـان، بەڵام لە دواییـدا دەگوترێـت ئەمە یارمەتیــدەر نیــیە، مەگەر نــا؟). گیرۆدەیــی لە لایەن پێشــڕەوانی کـوانتەمەوە بە شــێوەی سروشــتی بە هاوکێشــە پیشــان درا، بەڵام دەلالەتەکـانی زۆر زۆر نائاسـایی بـوو، تەنـانەت ئاینشـتاین کە کـونە ڕەش و فەزا - زمـانی لـوولکراوی بە ئێمە ناسـاندووە، ڕەتی کـردەوە پەسەندی بکات و ناوی نابوو کرداری خێوەکی لە مەودای دوور و بە ڕاستی ئەم کردارە خێوەکییە، لە مەودای دووردا زۆر جار دەبێت بە دەسمایەی عارفانی کوانتەمی کە باسی شتی نائاسایی سەبارەت بە گیرۆدەیــی کــوانتەمی بــکەن، بــۆ نمــوونە بــۆ هەنــدێک شــتی سەیروســەمەرەی وەک تیلەپـاتی بە کـار بهێنرێـت. ئاینشـتاین دوودڵ بـوو چـونکە گیرۆدەیـی وا دەردەکەوت کە تیـۆریی ڕێژەیـی پێشـێل دەکـات، کە دەڵێـت هـیچ کـاریگەرییەک یـان نیشـانەیەک ناکرێـت بە خێراتـر لە خێرایـی ڕوونـاکی بجووڵێـت. تەنـۆلکە دوور لە یەکەکـان نابێت بەپێی ئاینشتاین بە شێوەی هاوکات لە پەیوەندیی خێوەکیدا بن. لەمەدا ئاینشتاین هەڵە بوو: ئێمە ئێستا بە شێوەی تاقیگەیی دەزانین کە تەنــۆلکە کوانتەمییەکــان بە ڕاســتی دەکرێــت لە مەودای دووردا پــێکەوە بە شــێوەی لەپــڕ پەیوەنــدییان هەبێـت. بەڵام لە بــاری جێـی سەرسووڕمانی تۆدا، گیرۆدەیی کوانتەمی ناکرێت بۆ تلەپاتی بە کار بێت.

ئەو ئایـدیایەی کە تایبەتمەنـدیی سـەیری گیرۆدەیـی کـوانتەمی لە کـاردانەوەی ئاسـایی کیمیاییـدا هەبـوو، لە سـاڵانی ١٩٧٠دا بە سـەیر دەبینـرا. زۆر لە زانایـان لەگەڵ ئاینشـتاین دوودڵ بـوون کە تەنـۆلکە گیرۆدەکـان بە ڕاسـتی هەن، کەس تـا ئەو کـاتە دەری نەخسـتبوون. بەڵام دەیـان سـاڵ دواتـر هەنـدێک تـاقیکردنەوەی بلیمەتـانە ڕاسـتیی

بوونی پەیوەندیی خێوەکییان سەلماند؛ یەکێک لە زۆر بەناوبانگەکەیان بریتی بوو لەوەی کە لە ساڵی ١٩٨٢دا لە لایەن ئالەین ئاسپێکتەوە (Alain Aspect) لە زانکۆی پاریسی باشووری ئەنجام درا.

تیمەکەی ئاسپێکت جووتێک فۆتۆنیان (تەنۆلکەکانی ڕووناکی) بە دۆخەکانی جەمسەرگیریی گیرۆدەوە بەرهەم هێنا. جەمسەرگیریی ڕووناکی لەوانەیە بە هۆی چاویلکەکانی جەمسەرگیرییەوە زۆر ئاشنا بێت بۆ ئێمە. هەموو فۆتۆنێکی ڕووناکی جۆرێک ئاراستەگری هەیە، کە ئەویش بریتییە لە گۆشەی جەمسەرگیری، کە تۆزێک هاوشێوەی سپینە کە پێشتر ناساندمان (بە هەرحاڵ، چونکە ڕووناکی دەکرێت وەک شەپۆل بیری لێ بکرێتەوە. بیرۆکەی جەمسەرگیری (بە پێچەوانەی سپینەوە) دەکرێت زۆر بە سادەیی وەک ئەو ئاراستەیەی کە شەپۆلی ڕووناکی لەسەری دەلەرێتەوە لەبەرچاو بگیررێت). فۆتۆنەکانی ڕووناکیی خۆر هەموو گۆشە مومکینەکانی جەمسەرگیرییان هەیە، بەڵام چاویلکەی جەمسەرگر فیلتەریان دەکات، تەنها ئیجازە دەدات ئەوانە تێبپەڕن کە گۆشەیەکی جەمسەرگیری تایبەتییان هەیە. ئاسپێکت دوان لەم فۆتۆنانەی بەرهەم هێنا کە تەنها ئاراستە جەمسەرگیرییەکەیان جیاواز نەبوو - با وای دابنێین یەکێک بەرەو سەرەوە و ئەوی تر بەرەو خوارەوە بوو - بەڵکو گیرۆدەش بوون؛ هاوشێوەی نموونەی پێشوومان سەبارەت بە هاوبەشی سەما، هیچ کام لە جووتە گیرۆدەکان لە ڕاستیدا ئاراستەیەک یان ئەوی تر پیشان نادات: ئەوان هەردووکیان هەر ٢ ئاراستەکە بە هاوکاتی پیشان دەدەن، هەڵبەت تا ئەو کاتەی دەپێورێن.

پێوان یەکێکە لە لایەنە زۆر نهێناوییەکانی میکانیکیی کوانتەمی - کە بە دڵنیاییەوە قسەی زۆری لەسەر کراوە - کە پەیوەندیی بە پرسیارێکەوە هەیە کە بێگومان زۆر لە خۆمان کردووە: بۆچی هەموو ئەو تەنانەی کە ئێمە ڕۆژانە دەیبینین ئەم ڕەفتارە سەیروسەمەرانەی تەنۆلکە کوانتەمییەکان ناتوانن ئەنجام بدەن؟ وەڵامەکەی بریتییە

لەوەی کاتێک دەچینە خوارەوە بۆ ناو جیهانی کوانتەمی، تەنۆلکەکان دەکرێت بە شێوەیەکی سەیر ڕەفتار بکەن، وەک ئەوەی لە یەک کاتدا ٢ کار بکەیت، تیپەڕبوون لە دیوار، یان دروستکردنی پەیوەندیی خێوەکی، تەنها کاتێک کەس سەیریان نەکات. هەر کاتێک کەسێک سەیری کردن یان پێوانی لەسەر ئەنجامدان، ئەوان سەیربوونەکەیان نامێنێت و وەک هەموو ئەو تەنە کلاسیکییانە ڕەفتار دەکەن کە لە دەوروبەرماندا هەن. کەوابوو ئەوکات پرسیارێکی تر دێتە ئاراوە: چی سەبارەت بە پێوان زۆر تایبەتە کە هەلمان دەداتێ ڕەفتاری کوانتەمی بگۆڕین بۆ ڕەفتاری کلاسیکی (دووبارە بە ئەنقەست و بۆ سادەیی زۆر بە سادەیی لێرەدا قسە دەکەین. پێوانی تایبەتمەندییەکی تایبەتی تەنۆلکەی کوانتەمی، تۆ بڵێ شوێن، واتای ئەوەیە کە ئێمە لە نادڵنیایی سەبارەت بەوەی لە کوێیە، دێینە دەرەوە، بەو واتایەی کۆنترۆڵ دەکرێت و لێڵییەکەی نامێنێت. لەگەڵ ئەوەشدا بە واتای ئەوە نییە وەک تەنۆلکەیەکی کلاسیکی ڕەفتار دەکات. بە سەرنجدان بە پرەنسیپی نادڵنیایی هایزەنبێرگ ئیتر خێراییەکەی دیاریکراو نییە. لە ڕاستیدا تەنۆلکەیەک لە شوێنێکی دیاریکراودا، لە ساتێکدا دەکرێت لە سەریەککەوتنی خێرایی لە هەموو ئاڕاستەکاندا بێت، هەروەها بۆ سپینی کوانتەمی، چونکە ئەم تایبەتمەندییە تەنها لە جیهانی کوانتەمدا هەیە، پێوان نابێت بە هۆی ئەوەی تەنۆلکەکە بە شێوەی کلاسیکی ڕەفتار بکات)، وەڵام بۆ ئەم پرسیارە لە باسەکەی ئێمەدا زۆر حەیاتییە، چونکە پێوان دەکەوێتە سنووری نێوان جیهانی کوانتەم و کلاسیکییەوە، لێواری کوانتەمی، کە بۆ ناونیشانی ئەم کتێبە هەڵمان بژاردووە، لامان وایە ژیان دەکەوێتە ئەوێوە.

ئێمە لە چوارچێوەی ئەم کتێبەدا پشکنین بۆ پێوانی کوانتەمی دەکەین و هیوادارین بەرە بەرە ئێوە لە وردەکارییەکانی ئەم پرۆسە نهێنــاوییە تێبگەن. لە ئێستادا ئێمە تەنها سادەترین لێکدانەوەی دیاردەکە لەبەرچاو دەگرین و دەڵێین کاتێک تایبەتمەندییەکی

کوانتەمی وەک دۆخی جەمسەرگیری بە هۆی ئامێرێکی زانستییەوە دەپێورێت، بە خێرایی ناچار بە فەرامۆشکردنی توانایییە کوانتەمییەکانی دەبێت: بۆ نموونە ئاماژەکردنی هاوکاتی فرەئاڕاستەیی نامێنێت و یەک تایبەتمەندیی کلاسیکیی ئاسایی وەک ئاماژەکردن بە یەک ئاڕاستە، پەیدا دەکات. هەر بۆیە کاتێک ئاسپێکت دۆخی جەمسەرگیریی یەکێک لە جووت فۆتۆنە گیرۆدەکەی، بە بینین کاتێک لە هاوێنەکانی جەمسەرگرەوە تێپەڕ دەبوو، پێوا، بە خێرایی پەیوەندییە خێوەکییەکەی سڕرایەوە و تەنها یەک ئاڕاستەی جەمسەرگیریی پەیدا کرد. ئەمەش بۆ لفەکەی بە خێرایی و بە شێوەی لەپڕ ڕوو دەدات، گرنگ نییە چەندێکیش دوور بوو بێت، لانیکەم ئەمە شتێکە هاوکێشەکانی میکانیکیی کوانتەمی پێشبینیی دەکەن کە ڕێک هەمان شتە کە ئاینشتاینی نائاسوودە دەکرد. ئاسپێکت و تیمەکەی تاقیکردنەوە بەناوبانگەکەیان لەسەر جووتێک فۆتۆن ئەنجام دا کە چەندین مەتر لە تاقیگەکەی لە یەکتری دوور بوون، دوورییەکە هێندە هەبوو کە تەنانەت نەدەکرا بە خێرایی ڕووناکییش، کاریگەریی - ڕێژەیی پێمان دەڵێت کە هیچ شتێک ناکرێت خێراتر لە خێرایی ڕووناکی بجووڵێت - و لە نێوانیانەوە تێپەڕ ببێت و گۆشەکانی جەمسەرگیری ڕێک بخات. لەگەڵ ئەوەشدا پێوان لەسەر جووت تەنۆلکە پێکەوە گرێدراو بوون: کاتێک جەمسەرگیریی فۆتۆنێک بۆ سەرەوە دیاری دەکرێت، ئەوی تر ئاماژە بۆ خوارەوە دەکات. لە ساڵی ١٩٨٢ەوە تاقیکردنەوەکە تەنانەت بۆ ئەو تەنۆلکانەی کە سەدان مایل لە یەکتری دوور بوون، دووبارە کرایەوە و هێشتا ئەم پەیوەندییە خێوەکییە پارێزراو بوو کە ئاینشتاین نەیدەتوانی بیپەژرێنێت. هێشتا چەند ساڵی مابوو بۆ تاقیکردنەوەکەی ئاسپێکت کە شولتین پێشنیازی کرد کە گیرۆدەیی لە جەمسەرنمای باڵندەکاندا هەیە، کە هەڵبەت هێشتا بابەتەکە مشتومڕاوییە. هەروەها شولتین هیچ ئایدیایەکی نەبوو چۆن ئەم کاردانەوە کیمیاییە ناڕوونە دەکرێت ئەو

هەلە بۆ ڕۆبین برەخسێنێت تا بواری موگناتیسیی زەوی ببینێت. ئێمە لێرەدا دەڵێین "بینین"، چونکە تایبەتمەندییەکی تر لە لایەن ویلشۆکەوە دۆزرایەوە. سەرەڕای ئەوەی کۆچەکەی ڕۆبین شەوانەیە، بەڵام چالاکبوونی جەمسەرنما موگناتیسییەکەی پێویستی بە تۆزێک ڕووناکی هەیە (لە نزیک کۆتایی شینی شەبەنگی بینایی)، کە ئاماژەیە بەوەی چاوی باڵندەکە ڕۆڵی گرنگ لە چۆنێتیی کارەکەدا دەگێڕێت، بەڵام لە پاڵ بینیندا، چاوەکانی چۆن یارمەتیی دەدات هەست بە موگناتیس بکات؟ بە یان بێ میکانیزمی ڕادیکاڵی جووت، ئەمە نهێنییەکی تەواو بوو. ئەم تیۆرییە کە جەمسەرنمای باڵندەکان میکانیزمێکی کوانتەمیی هەیە، بۆ ماوەی ٢٠ ساڵ هەر وا مایەوە. شولتین گەڕایەوە بۆ وڵاتە یەکگرتووەکان کە لەوێ گرووپێکی تیۆریی فیزیای کیمیایی زۆر بەهێزی لە زانکۆی ئیلینوس لە ئوربانا - چامپین بونیاد نا. بەڵام ئەو هەرگیز ئەم تیۆرییە سەیرەی خۆی فەرامۆش نەکرد و بە بەردەوامی باسێکی زانستیی دادەڕشتەوە کە بایۆمۆڵکیوڵەکان کاندید بوون (ئەو مۆڵکیولانەی کە بە خانەی زیندوو دروست دەبن) کە لەوانەیە جووتێک ڕادیکاڵ دروست بکات کە بۆ کارادنەوەی خێرای سیانی پێویستن. بەڵام لە ڕاستیدا هیچ کامیان بە ڕاستی گونجاو بۆ پێشکەشکردن نەبوون: یان ئەوان نەیاندەتوانی جووت ڕادیکاڵ بەرهەم بهێنن یاخود ئەوان لە ناو چاوی باڵندەکاندا نین. بەڵام لە ساڵی ١٩٨٨دا شولتین لە شوێنێکدا خوێندییەوە کە وەرگرێکی ڕووناکیی مەتەلاوی بە ناوی کریپتۆکرۆم (cryptochrome) لە چاوی باڵندەکەدا دۆزراوەتەوە. ئەمە بە خێرایی وەک لێدانی زەنگێکی زانستی وا بوو، چونکە کریپتۆ کرۆم دەکرا ئەو پرۆتینە بێت کە توانای بەرهەمهێنانی جووت ڕادیکاڵی هەیە.

خوێندکارێکی دکتۆرای زۆر زیرەک بە ناوی سۆرستین ڕیتز (Thorsten Ritz)، کە بەو دواییە پەیوەست بووبوو بە گرووپەکەی

شـولتینەوە، ئەو کـاتەی خوێنـدکاری بەکـالۆریۆس بـوو لە زانکـۆی فرانکفۆرت، گوێی لە وتـارێکی شـوڵتینی سـەبارەت بە جەمسـەرنمای چـاوی باڵنـدەکە گرتبـوو، ئەو سەرسـام بووبـوو، کاتێـک هەلـی بـۆ ڕەخسـا، فـرکەی کـرد بـۆ ئەوەی ببێـت بە خوێنـدکاری دکتـۆرا لە تاقیگەکەی شوڵتین و لە سـەرەتادا کاری لەسـەر ڕۆشـنەپێکهاتن کرد. کاتێک چیرۆکی کریپتۆ کرۆم بڵاو بووەوە، کارەکەی گواستەوە بۆ سـەر وەرگـرە موگناتیسـییەکان و لە سـاڵی ٢٠٠٠دا لەگەڵ شـوڵتین وتارێکی نووسی لەژێر ناونیشانی مۆدێلێک بۆ وەرگری فۆتۆن، بەند لەسـەر وەرگری موگناتیسـی لە باڵندەکانـدا، کە باسـی ئەوەی دەکـرد چـۆن کریپتـۆکرۆم دەکرێت چـاوی باڵنـدەکە بکـات بە جەمسـەرنمای کوانتەمی.

ئێمە ئەم بـابەتە لە بەشـی ١٦دا زیـاتر بـاس دەکەیـن. ٤ سـاڵ دواتر، ڕیتـز لەگەڵ ویلشـۆکەکان تیمێکیـان دروسـت کـرد بـۆ ئەنجامـدانی لێکـۆڵینەوەیەک لەسـەر ڕۆبینـی ئەورووپـی کە یەکەمـین بەڵـگەی تاقیگەییە بۆ پشتگیریی ئەم تیۆرییە کە باڵندەکان گیرۆدەیی کوانتەمی بـۆ دۆزیـنەوەی ڕێچکەکەیـان لەسـەر زەوی بە کـار دەهێـنن. وا دەردەکەوت شوڵتین قسـەکەی ڕاست بووبێت، وتارەکەیان لە ساڵی ٢٠٠٤دا لە جۆرناڵی زۆر ئاستبەرزی بەڕیتانی، نەیچەر، بڵاو کردەوە، سـەرنجێکی زۆری بەرەو بـوارەکە ڕاکێشـا و قیبلەنمـای کـوانتەمی بە خێرایـی بـوو بە وێنەی منداڵی زانسـتێکی نوێ بە نـاوی زیندەناسـیی کوانتەمی.

ئەگەر میکانیکیی کوانتەمی ئاساییە، چ شتێک سەبارەت بە زیندەناسیی کوانتەمی دەمانورووژێنێت؟

ئـێمە پێشـتر باسـی تونێللێـدانی کـوانتەمی و سـەریەککەوتنی کوانتەمیمـان کـرد کە هەردووکیـان لە دڵـی خـۆر و ئـامێرە تەکنەلۆجیـاییەکی وەک مایکرۆسـکۆپی ئەلیکترۆنـی و سـکانەری MRI

ڕوو دەدەن. ئەی کە وایە بۆچی سەرمان دەسووڕمێ ئەگەر دیاردە کوانتەمییەکان لە زیندەناسییەوە سەر دەربهێنن؟ زیندەناسی هەرچی بێت، لە کۆتاییدا بریتییە لە جۆرێک بەکارهێنانی کیمیا و کیمیاش جۆرێک بەکارهێنانی فیزیایە، هەر بۆیە ئایا هەر شتێک بە ئێمە و بوونەوەرەکانی تریش کاتێک دەچینە بنچینە لە ناوچەی کاری فیزیاییەکاندا نین؟ لە ڕاستیدا ئەمە ئارگیومێنتی زۆربەی ئەو زانایانەیە کە قبووڵیان کردووە میکانیکیی کوانتەمی دەبێت لە ئاستە قووڵەکان زیندەناسییش لە خۆ بگرێت؛ ئەوان جەخت دەکەنەوە کە ئەمە ڕۆڵێکی ئاساییە (trivial)، کە مەبەستی ئەوان بریتییە لەوەی یاساکانی فەرمانڕەوا لەسەر ڕەفتاری ئەتۆمەکان و زیندەناسی، لە کۆتاییدا بریتییە لە کارلێکی ئەتۆمەکان، کەوابوو ڕێساکانی جیهانی کوانتەمی دەبێت لە بچووکترین ئاستی زیندەناسیدا کار بکەن. بەڵام تەنها لەو ئاستانەدا ڕۆڵیان هەیە و لە ئاستانەی کە بۆ پرۆسەی ژیان گرنگن یان کاریگەرییان نییە یاخود زۆر کەم هەیانە. هەڵبەت ئەم زانایانە تا ڕادەیەک ڕاستن. بایۆمۆلکیولەکانی وەک DNA یان ئەنزیمەکان لە تەنۆلکەی بنچینەیی وەک پرۆتۆن دروست بوونە، کە کارلێکەکانیان لەژێر فەرمانڕەوایی میکانیکیی کوانتەمییە. هەڵبەت ئەمە بۆ ڕێسای ئەم کتێبەی دەیخوێنیتەوە و ئەو کتێبەی لەسەری دانیشتوویت، هەر وایە. ڕێگەی ڕۆیشتنت، قسەکردنت، خواردن یان خەوتنت یاخود تەنانەت بیرکردنەوەت بەندە لەسەر ئەو هێزە میکانیک کوانتەمییانەی کە فەرمانڕەوایی لەسەر ئەلیکترۆنەکان، پرۆتۆنەکان یان تەنۆلکەکانی تر دەکەن. وەک چۆن کار دەکاتە سەر ئوتۆمبیلەکەت یان سۆپاکەت، کە ئەویش لە کۆتاییدا میکانیکیی کوانتەمییە. بەڵام لە سکێڵی گەورەدا تۆ پێویست ناکات ئەم شتانە بزانیت. فیتەری ئوتۆمبیل پێویستی بەوە نییە بچێت لە زانکۆ کورسی میکانیکیی کوانتەمی ببینێت و زۆرترینی بەرنامە وانەییەکانی زیندەناسی هیچ باسێک لە تونێڵلێدان، گیرۆدەیی، یان سەریەککەوتنی

کوانتەمی ناکەن. زۆرترینی ئێمە بەبێ ئەوەی لە بنچینەییترین ئاستدا ئەم شتانە بزانین، دەتوانین بەپێی کۆمەڵەیەکی جیاواز لەو ڕێسایانەی ئاشناین لەگەڵی، بزانین جیهان چۆن کار دەکات. شتە کوانتەمییە سەیرەکان کە لە ئاستی زۆر ورددا ڕوو دەدەن بۆ شتێکی گەورەی وەک ئوتۆمبیل یان سۆپا جیاوازییەکی ئەوتۆی نییە، کە ئێمە لە ژیانی ڕۆژانەدا دەیبینین.



وێنەی ٢:١

وۆرکشۆپ لەسەر زیندەناسیی کوانتەمی لە زانکۆی سەری لە ساڵی ٢٠١١دا. لە چەپەوە بۆ ڕاست: نووسەران جیم ئەلخەلیلی و جانجۆ مەکفادین، ڤلاتکۆ ڤیدرال، گریگ ئینگل، نیگل سکروتۆن، سۆرستین ڕیتز، پاول دەڤیس، جینفێر برۆکس و گریگ شۆلز.

بۆچی نابێت؟ تۆپەکانی دووگۆڵی لە دیوارەکانەوە تێبپەڕن؛ خەڵک پەیوەندیی خێوەکییان نییە (سەرەڕای قسەی بێبنەمای تلەپاتی) و بە داخەوە ناکرێت هاوکات هەم لە ماڵەوە بیت، هەم لە فەرمانگە. لەگەڵ

ئەوەشدا تەنۆلکە بنچینەییەکانی ناو تۆپێکی فووتبۆڵ یان کەسێک دەکرێت هەموو ئەم شتانە ئەنجام بدەن، بۆچی هێڵیکی دابڕێنەر هەیە؟ لێوارێک لە نێوان ئەو جیهانەی کە ئێمە دەیبینین و ئەو جیهانەی فیزیاییەکان لە بنچینەوە دەیناسن؟ ئەمە یەکێکە لە قووڵترین پرسەکانی هەموو فیزیا و پەیوەندیی بە دیاردەیەکەوە هەیە بە ناوی پێوانی کوانتەمی و ئێمە سەرەتا تۆزێک باسی دەکەین. کاتێک سیستەمێکی کوانتەمی کارلێک لەگەڵ ئامێرێکی پێوانی کلاسیکی دەکات، وەک هاوێنەی جەمسەرگیری لە تاقیکردنەوەی ئالین ئاسپێکت، سەیربوونە کوانتەمییەکەی لە دەست دەدات و وەک تەنێکی کوانتەمی ڕەفتار دەکات. بەڵام ئەو پێوانەی کە لە لایەن فیزیاییەکەوە ئەنجام دەبێت، ناکرێت بەرپرس بێت لەو جیهانەی کە لە دەروبەری ئێمەدا دەردەکەوێت. هەر بۆیە دەکرێت بپرسین چییە ئەو شتەی بە شێوەی هاوتا لە دەرەوەی تاقیگەی فیزیا ئەنجام دەبێت و ڕەفتاری کوانتەمی تێک دەدات؟

وەڵامەکە دەبێت بگەڕێتەوە بۆ سەر ئەو ڕێگەیەی تەنۆلکەکانی پێ ڕێک دەخرێن و چۆنێتیی جووڵەی ئەوان لە سکێڵی گەورەدا (ماکرۆسکۆپی). ئەتۆمەکان و مۆڵکیوڵەکان بە شێوەی هەڕەمەکی بڵاو دەبنەوە و لەرینەوەی نارێکوپێکیان لە ناو تەنی ڕەقی بێژیاندا هەیە؛ شلەکان و گازەکانیش لە دۆخێکی نەگۆڕدا جووڵەیەکی هەڕەمەکییان بە هۆی گەرماوە هەیە. ئەم فاکتەرانەی بڵاوبوونەوەی هەڕەمەکی، لەرینەوەکان و جووڵە دەبێت بە هۆی ئەوەی تایبەتمەندیی شەپۆلی کوانتەمیی تەنۆلکەکان بە خێرایی لە ناو بچێت. بۆیە ئەوە کرداری لێکدراوی هەموو پێکهاتە کوانتەمییەکانی لەشە کە پێوانی کوانتەمی لەسەر هەر شتێک و هەموو شتەکانی تر و لە ئەنجامدا ئەو جیهانە دروست دەکات کە ئێمە بە شێوەی ئاسایی دەیبینین. بۆ بینینی لایەنە سەیرەکانی کوانتەم تۆ ناچاریت بچیتە شوێنی زۆر نائاسایی (وەک ناو خۆر)، بە تەواوی بچیتە ناو جیهانی ورد (بە ئامێرێکی وەک

مایکرۆسکۆپی ئەلیکترۆنی) یان بە وردی تەنۆلکە کوانتەمییەکان ڕیز دەبن و دەبن بە پۆڕ، وەک چۆن بۆ سپینی ناوکی هایدرۆجینەکانی ناو لەشت کاتێک دەچێتە ناو سکانەری MRIیەوە ڕوو دەدات – کاتێک موگناتیسەکە دەکوژێتەوە، ئاڕاستەی سپینی ئەلیکترۆنەکان دەبێتەوە بە هەڕەمەکی و هاوباری کوانتەمی یەکتری دەسڕنەوە. هەمان جۆر لە هەڕەمەکیەتی مۆلکیولی بەرپرسە لەو ڕاستییەی کە ئێمە زۆرترینی کات میکانیکی کوانتەمی لە ژیانماندا نییە: هەموو سەیرییە کوانتەمییەکان لە ناو فەزای ناوەوەی مۆلکیولی کە ئاڕاستەکەیان بە شێوەی هەڕەمەکییە و بەردەوام لە ناو تەنە بێگیانەکانی دەوروبەرمان دەجوولێن و دەبینرێن دەسڕێتەوە. زۆربەی کات بەڵام نەک هەمیشە، هەروەک شوڵتین دۆزیەوە، خێرایی کارلێکە کیمیاییە خێراکانی سیانی تەنها دەکرێت کاتێک بە کار بێت کە تایبەتمەندییەکی وردی کوانتەمیی گیرۆدەیی لەئارادا بێت. بەڵام کارلێکی خێرای سیانی تەنها ئەوەی کە خێرایە، هەڵگری جووتێک مۆلکیولە. ئەمە کە بەرپرسە لە ئاڕاستە دۆزینەوەی باڵندەکان، ناچارە کاریگەرییەکی درێژمەودای لەسەر ڕۆبینێکی ساغ هەبێت. هەر بۆیە ئەو قسەیەی کە جەمسەرنمای موگناتیسیی باڵندە بریتییە لە گیرۆدەیی کوانتەمی، بە تەواوەتی دەچێتە ئاستێکی جیاواز لە پێشنیاز کە گیرۆدەیی لە ناو کارلێکێکی کیمیایی سەیروسەمەرەدا کە هەڵگری جووتێک تەنۆلکەیە، ڕوو دەدات، کە گومانێکی زۆری لەسەرە. خانە زیندووەکان وا بیر دەکرێتەوە زۆرتر لە ئاو و بایۆمۆلکیولەکان پێک هاتووە و لە دۆخێکی بەردەوامی پشێویی مۆلکیولیدایە کە چاوەڕێ دەکرێت بە خێرایی کاریگەرییە سەیرەکانی کوانتەمی بپێوێت و بڵاوی بکاتەوە. هەڵبەت مەبەستی ئێمە لێرەدا لە پێوان ئەوە نییە کە ئاو، مۆلکیولەکان یان بایۆمۆلکیولەکان پێوانێک ئەنجام دەدەن هەر بەو شێوەیەی کە ئێمە لەوانەیە پێوانی کێش یان پلەی گەرمیی تەنێک ئەنجامی دەدەین و ئەنجامی ئەم پێوانانە لەسەر

کاغەز یان دیسکی ڕەقی کۆمپیوتەرێک تۆمار دەکەین یان تەنانەت لە مێشکماندا هەڵی دەگرین. ئەوەی ئێمە لێرەدا قسەی لەسەر دەکەین، بریتییە لەوەی چی ڕوو دەدات کاتێک مۆڵکیولێکی ئاو پڵتۆکێک بدات لە جووتێک تەنۆلکەی گیرۆدە: جووڵەی دواتر دەکرێت بکەوێتە ژێر کاریگەریی دۆخی تەنۆلکەوە، هەر بۆیە ئەگەر تۆ لێکۆڵینەوە لەسەر جووڵەی دواتری مۆڵکیولەکانی ئاو بکەیت، دەکرێت هەندێک تایبەتمەندیی ئەو تەنۆلکانەی کە پڵتۆکیان بەرکەوتەوە، ببینیت. هەر بۆیە لەم تێڕوانینەوە مۆڵکیولەکانی ئاو پێوان ئەنجام دەدەن، چونکە جووڵەکەیان تۆمارکردنێک لە دۆخی جووتە گیرۆدەکە دەخاتە بەردەست، چی تاقی کرابێتەوە و چی نەکرابێت. ئەم جۆرە لە پێوانی بە ڕێکەوت بەسە بۆ ئەوەی دۆخە گیرۆدەکان تێک بچن. هەر بۆیە ئەو پڕوپاگەندەیەی کە ڕێکخستنی وردی کوانتەمیی دۆخە گیرۆدەکان دەکرێت لە ناو خانەی زیندووی گەرم و ئاڵۆزدا پارێزراو بێت، ئایدیایەکی سەیر و تا ڕادەیەک گەمژانەیە. لەگەڵ ئەوەشدا لەم ساڵانەی دواییدا زانیاریمان لەسەر ئەم شتانە، کە تەنها سنووردار بە باڵندەکان نییە، هەنگاوی گەورەی بڕیوە. دیاردە کوانتەمییەکانی وەک سەریەککەوتنی کوانتەمی و تونێلێدان، لە ژمارەیەکی زۆر دیاردەدا بینراوە، لەو ڕێگەیەی کە هەر ڕووەکێک دەیگرێتە بەر بۆ ئەوەی ڕووناکیی خۆر هەڵبمژێت و بایۆمۆڵکیوڵ دروست بکات. تەنانەت هەستی بۆنکردنمان یان جین کە لە باوانمانەوە بە میرات پێمان دەگات، بەندە لەسەر سەرییەکانی جیهانی کوانتەمی. باسە توێژینەوەییەکان لەسەر بایۆلۆجیی کوانتەمی، ئێستا بە بەردەوامی لە لاپەڕەکانی جورناڵە زانستییە زۆر ئاستبەرزەکانی جیهان بڵاو دەبنەوە و لێرەدا ژمارەیەکی کەم بەڵام ڕوو لە زیادبوونی زاناکان جەخت دەکەنەوە لەسەر هەندێک لایەنی میکانیکیی کوانتەمی کە بە ڕاستی نائاسایین (Non-trivial) و لە ڕاستیدا ڕۆڵی گرنگیان لە دیاردەکانی ژیاندا هەیە و ژیان شوێنێکی تاقانە بۆ ڕاگرتنی ئەم

تایبەتمەندییە کوانتەمییانە لە لێواری نێوان جیهانە کلاسیکی و کوانتەمییەکان دەگێڕێت.

ئەم زانایانە هەرچەندە بە ژمارە کەم بوون، ئەو بەرچاوڕوونییەیان لە لای ئێمە دروست کرد تا وۆرکشۆپێکی نێودەوڵەتی لەسەر بایۆلۆجیی کوانتەمی لە زانکۆی سەرەیی لە سێپتەمبەری ٢٠١٢ دروست بکەین، کە هەوڵی دا زۆرترینی ئەو کارانەی ئەنجام دراون، لە هۆڵێکی وانەگوتنەوەی بچووک ڕێک بخات، بەڵام بوارەکە بە دۆزینەوەی وروژێنەری ڕۆڵ بۆ میکانیکیی کوانتەمی لە دیاردە ڕۆژانەکانی زیندەناسی بە خێرایی سەرسوورهێنەر گەشە دەکات. یەکێک لە زۆر وروژێنەرترین بوارەکانی توێژینەوە - ئەوەی کە لەوانەیە بەکارهێنانی زۆری لە پەرەپێدانی تەکنەلۆژیای نوێی کوانتەمی هەبێت - بریتییە لە پەردەلادانی ئەم دوایییە لەسەر نهێنیی چۆن سەیروسەمەرە کوانتەمییەکان لە ناو لەشی زیندووی پڕپشێوی و تەڕ و گەرم دەپارێزرێت.

بەڵام بۆ گرنگیدانی تەواو بە گرنگیی ئەم دۆزینەوانە، ئێمە دەبێت هەر لە سەرەتاوە ئەم پرسیارە سادە و هەڵخەڵەتێنەرە بکەین: ژیان چییە؟

٢

ژیان چییه؟

یەکێـــک لە ســـەرکەوتوانەترین ئەرکە زانســـتییەکانی هەمـــوو سەردەمەکان لە ٢٠ی ئۆگەستی ساڵی ١٩٧٧ دەستی پێ کرد، کاتێک کەشـتیی فەزایـی ڤۆیـاجێری ٢ (Voyager 2)، ٢ هەفـتە دوای خوشکەکەی، ڤۆیاجێری ١، لە ئاسمانی فلۆریداوە بەرەو فەزا هاوێژرا. ڤۆیـاجێری ١ ٢ سـاڵ دوایـی گەیشـت بە یەکەم ئامـانجی خـۆی، واتە هەسـارەی موشـتەری، کە وێنەکانی گۆیەکی گـازیی زەبەلاح هەوریـی بە لـوول و خـاڵە گەورە سـوورەکانی پیشـان دەدا، دواتـر بەرەو ڕووبەری ســـەهۆڵاویی یەکێـــک لە مانگەکـــانی، واتە گانیمیـــد (Ganymede) فڕیی و لەسـەر مـانگێکی تر، واتە Io بورکـانی بینـی. لەم کـــاتەدا ڤۆیـــاجێری ٢ لە ئاڕاســـتەیەکی تـــردا بەرەو زوحەل (Saturn) گەشـتی دەکـرد و لە ئۆگەسـتی ١٩٨١ دەسـتی کـرد بە ناردنی وێنەی سەرسووڕهێنەری زۆر جوان لە ئەڵقەکـانی هەسـارەکە و پەردەی لەسـەر بـوونی ملیۆنەهـا بەردی بچـووک و مـانگۆکە لەو ملـوانکە بە وردی چنـراوەدا لا دا. بەڵام ١٠ سـاڵ دواتـر، واتە لە ١٤ی مـانگی فێبرەوەریـی ١٩٩٠، ڤۆیـاجێری ١ یەکێـک لە سەرنجڕاکێشـترین

وێنەکانی نارد: وێنەیەک لە خاڵی شینی ورد لەسەر پاشخانێکی نەخشداری بۆر.

لە ماوەی نیو سەدەی پێشوودا، ئەرکەکانی ڤۆیاجێر و کەشتییە فەزاییە پشکنێرەکانی تر، هەلی ئەوەیان ڕەخساند جۆری مرۆڤ لەسەر مانگ پیاسە بکات، لە دوورەوە پشکنین بۆ دۆڵەکانی مەریخ بکات، ورد ببێتەوە لە بیابانە گەرمە سووتێنەرەکانی ڤینۆس و تەنانەت ببینێت کلکدارێک چۆن لە ناو بەرگەهەوای گازیی موشتەری تیادەچێت. بەڵام زۆرترین شتێک دۆزرایەوە بەرد و بەرد و ژمارەیەکی زۆرتر بەرد بوو. لە ڕاستیدا دەکرێت بڵێین، کە پشکنینی دەستەخوشکە هەسارەییەکانی زەوی، تا ڕادەیەکی زۆر گەڕان بۆ بەرد بووە، لە بەردی چەند تەنییەوە بگرە تا وردە خاوەکان کە لە فەزاڤانەکانی ئاپۆلۆ لەگەڵ خۆیان لە مانگەوە هێناویانە، یان پارچەی مایکرۆسکۆپی کلکدارەکان لە گەشتی ستاردوستی ناسا (NASA’s Stardust) سەبارەت بە نزیکبوونەی نێوان کلکدارێک و ڕۆزێتا (Rosetta) لە ساڵی ٢٠١٤دا، یان شیکاری ڕووبەری مەریخ لە لایەن مەریخپێوی کیریاسیتییەوە (Curiosity)، هەرچی هەبووە هەر بەرد و بەرد بووە. بەردەکانی فەزا هەڵبەت تەنی سەرنجڕاکێشن، ڕێسا و پێکهاتەکەیان، بەڵگەن سەبارەت بە سەرچاوەی کۆمەڵەی خۆر، دروستبوونی هەسارەکان و ڕووداوە گەردوونییەکان، تەنانەت پێش دروستبوونی خۆرەکەمان دەخاتە بەردەست. بەڵام بۆ زۆربەی خەڵک کە زەویناس نین، کۆندرێتی (chondrite) مەریخ (جۆرێک نەیزەکی بەردینی ناکانزایی) زۆر جیاواز نییە لە ترۆکتۆلیتی (troctolite) مانگ (جۆرێک نەیزەکی دەوڵەمەند بە بەردی ئاسن و مەنیەزیۆم). لەگەڵ ئەوەشدا شوێنێک لە کۆمەڵەی خۆردا هەیە کە لەوێ پارچە بنچینەییەکان کە گابەرد و وردەبەردەکان بە ڕێگە و شێوەی جۆراجۆر دروست دەکەن، دەهێنرێتە پاڵ یەکتری، کارکرد و کیمیاییەک کە تەنها ١ گرام جیاوازیی دەبێت بە هۆی جیاوازی لەو

هەموو مادەیەی لە گەردوونی ناسراودا لەئارادایە. هەڵبەت ئەم شوێنە کە خاڵە شینە ڕەنگپەڕیوەکانی وێنەکەی ڤۆیاجێری ١ پیشانی دەدات، ئەو هەسارەیەیە کە ئێمە پێی دەڵێین زەوی. بە شێوەیەکی بەرچاو، زۆرترینی ئەو مادە خاوەی کە ڕووبەری هەسارەکەی ئێمە پێک دەهێنێت، بە شێوەیەکی تاقانە پێکەوە کۆ بوونەتەوە بۆ ئەوەی ژیان دروست بکەن. ژیان سەرسووڕهێنەرە، ئێمە پێشتر یەکێک لە هەستە سەرنجڕاکێشەکان بە ناوی وەرگری موگناتیسیمان دۆزیوەتەوە کە باڵندە ڕۆبینە ئەورووپییەکان بە کاری دەهێنن، بەڵام ئەم توانایە تایبەتە تەنها یەکێکە لە ژمارەیەکی زۆر توانایی تر. ئەو دەتوانێت ببینێت، بۆن بکات، ببیستێت، مێش بگرێت؛ دەتوانێت لەسەر زەوی لە نێوان لقی درەختێک، لە هەوادا بەرز ببێتەوە و سەدان مایل بفڕێت. سەرنجڕاکێشترینی هەموو ئەمانە، بریتییە لەوەی ئەو دەتوانێت بە یارمەتییەکی بچووک لە لایەن نێرەکەیەوە پۆلێک بوونەوەری هاوشێوە دروست بکات، ڕێک هەر بەو مادانەی کە بەردەکانی لێ دروست دەبێت. ڕۆبینەکەی ئێمە یەکێکە لە تریلیۆنان ئۆرگانیزمی زیندوو، کە دەتوانن ژمارەیەکی زۆر کاری سەرنجڕاکێش بکەن کە سەرمان سووڕبمێنێت.

یەکێکی تر لە ئۆرگانیزمە سەرنجڕاکێشەکان هەڵبەت خۆتیت، لە شەودا زەق زەق سەیری ئاسمان دەکەیت و فۆتۆنەکانی ڕووناکی دێنە ناو چاوەتەوە و بە ڕێگەی شانەکانی تۆڕی چاوەوە دەگۆڕێن بە تەزووی کارەبایی، کە بە ڕێگەی هەستەدەمارە ئۆپتیکییەکان دەگەن بە هەستەدەمارەکانی مێشکت. ئەوان شێوازێک لە بریسکەی ڕووناکی دروست دەکەن کە وەک جریوەی ئەستێرەی ژوورسەرت ئەزموون دەکرێت. لە هەمان کاتدا، گۆڕانی پەستانی بچووکی کەمتر لە ١ ملیاردەمی پەستانی ئەتمۆسفێر لە لایەن شانە خانە مۆیەکییەکانی گوێچکەی ناوەوە تۆمار دەکرێت، کە نیشانە دەمارییەکانی بیستن بەرهەم دەهێنێت و پێت دەڵێت کە با فیکە بە گەڵای درەختەکان لێ

دەدات. ژمـــارەیەکی کەم لە مۆلکیوڵەکـــانی مەلەوان لە نـــاو لووتـــت هەستی بۆنکردن تایبەتمەندیی داونەتێ و ناسینە کیمیاییەکانی خۆیـان دەنێرن بۆ مێشک و پێت دەڵێت کاتی هـاوینە و گوڵەکان وشک دەبن. هەر جووڵەیەکی بچووکی لەشت، لە هەمان کاتدا سەیری ئەستێرەکان دەکەیـت و بـۆن بە هەواوە دەکەیـت، بە هـۆی ڕێکخسـتنی کـرداری سـەدان ماسـولکەوەیە. هێشـتا ئەو شـاکارە فیزیاییـانەی لە لایەن لەشمانەوە ئەنجام دەدرێت، هەرچەنـدە زۆر سەرسـووڕهێنەرە، بەڵام بە بەراورد بەو شـتانەی کە زۆر لە بوونەوەرە زینـدووەکان ئەنجـامی دەدەن، زۆر گرنـگ نیـیە. مێـرووولە گەڵاخۆرەکـان توانـای هەڵگرتنـی بارێکیـان هەیە ٣٠ جـار قورسـتر لە کێشـی خۆیـان وەک ئەوەی تـۆ ئوتۆمبیلێـک لەسـەر پشـتت هەڵبگریـت. مێـرووولەی دەمـتەڵە توانـای تاودانی شەویلگەکانی لە ٠ەوە بۆ ٢٣٠ کیلۆمەتر لە سەعاتدا تەنها لە ١٣،٠ چـرکەدا هەیە، لە کاتێکدا ئوتـۆمبێلێکی پێشـبڕکێی فۆرمـولی ١ نـزیکەی ٤٠،٠٠٠ (لە دەوروبەری ٥ چرکە) کـاتی زیـاتری پێویسـتە بـۆ ئەوەی بگـات بە وەهـا خێـراییەک. مارماسـیی کارەبـایی ئامـازۆن دەتوانێـت کارەبـای ٦٠٠ ڤـۆڵتی بەرهەم بهێنێـت. باڵنـدەکان دەتـوانن بفـڕن، ماسـی دەتوانێـت مەلە بکـات، کـرم دەتوانێـت لـوول بخـوات، مەیموون دەتوانێت بە لقی درەختەکان جوڵانێ بکـات. هەروەهـا ئێمە توانیومـانە هەنـدێک باڵنـدە وەک ڕۆبینـی ئەورووپـی بـدۆزینەوە کە بە بەکارهێنـانی مەگنەتیکیـی زەوی دەکرێـت ڕێـگەی خۆیـان بە درێژیـی هەزاران مایـل بـدۆزنەوە. لە هەمـان کاتـدا بـۆ توانـایی بایۆسـەنتز (biosynthetic)، هەرچەنـدە هـیچ شـتێک ناتوانێـت ڕکەبەریـی جۆراجـۆریی ژیـانی سـەوز لەسـەر زەوی بکـات، کە بە گرێـدانی مۆلکیوڵەکـانی ئـاووهەوا (لەگەڵ هەنـدێک مـادەی کـانزایی) چـیمەن، درەختەکـانی بەڕوو، قەوزەی دەریـا، پووشـوو (Dandelions)، درەختە سـوورە زەبەلاحەکان (giant redwoods) و گوڵەبەردینە (lichens) دروست دەکات.

هەموو بوونەوەرە زیندووەکان هەندێک تایبەتمەندی و توانایی تایبەتیان هەیە، وەک تایبەتمەندیی هەستیاری بە موگناتیسیی ڕۆبین یان شەویلگەی داویی مێروولەی بە خێرایی قەپگر، بەڵام ئەندامێکی مرۆڤ هەیە کە کردارەکەی بێهاوتایە. توانای هەژماردکردنی مادەیەکی گۆشتی بۆر لە ناو کەللەی سەر لە سەروو هەموو ئەو کۆمپیوتەرانەوەیە لەسەر هەسارەکەمان هەیە، هێرمەکان، تیۆریی گشتیی ڕێژەیی و موزیکی دەریاچەی قوو، ڕیگودا، شیعری مینگ و مراویی دۆناڵدی دروست کردووە. لەوانەیە سەرنجڕاکێشتر لە هەموویان توانای پرۆسەکردنی مێشکی مرۆڤە تا ئەو شوێنەی ئێستا دەیزانین.

لەگەڵ ئەوەشدا، ئەم هەموو جۆراجۆرییانە لە مادەی زیندوودا بە ژمارەیەکی زۆر شێواز و بێکۆتایی جۆراجۆری ئەرک، هەر لەو مادانە دروست بووە کە لە نموونەی نەیزەکە بەرکەوتووەکانی دۆڵەکانی مەریخ دۆزراوەتەوە.

گەورەترین پرسیاری زانست و ئەوەی لەم کتێبەدا چڕ دەبینەوە لەسەری، بریتییە لەوەی چۆنە ئەتۆم و مۆلکیولە بێهەستەکانی ناو بەردەکان ڕۆژانە دەگۆڕێن بۆ مادەی زیندووی ڕاکەر، بازدەر، فڕیو، دۆزەرەوەی ئاراستە، مەلەوان، عاشق، ڕقهەستاو، زەوقهەستاو، ترسنۆک، بیریار، پێکەنەر، گریان. ئاشنایەتیمان لەگەڵ پێشکەشکردنی ئەم جۆرە لە گۆڕانی سەرسووڕهێنەر زۆرە، بەڵام لە بیرتان بێت تەنانەت لەم سەردەمی ئەندازیاری جینێتیک و زیندەناسیی ئاوێتەییەدا، هیچ شتێکی زیندوو لە مادەی نازیندووەوە لە لایەن مرۆڤەوە دروست نەکراوە. تەکنەلۆجیای ئێمە جارێک لە بەڕێوەبردنی گۆڕینێک کە بە سادەیی میکرۆبێک لەسەر هەسارەکەمان دەیکات، نەتوانە، کە پێمان دەڵێت زانیاریمان زۆر ناتەواوە. ئایا ئێمە چاوپۆشیمان کردووە لە هەندێک چەخماخەی ژیان کە ژیان دەبەخشێت بە زیندووەکان و لە نازیندووەکاندا نییە. لێرەدا ئێمە

باسی هەر جۆرێک لە هێزی ژیان، ڕۆح یان مادە سیحرییەکان کە ژیان دەجووڵێنن، ناکەین. چیرۆکەکەی ئێمە زۆر سەرنجڕاکێشترە لەوە، لەجیاتیی ئەوە ئێمە پشکنین بۆ دوایین توێژینەوەکان دەکەین، لانیکەم لەسەر یەکێک لە پارچە ونبووەکانی پازڵی ژیان لە جیهانی کوانتەمدا، کە تەنەکان دەکرێت هاوکات لە ٢ شوێندا بن، هەڵگری پەیوەندیی خێوەکی بن و لە دیوارە نەسمینەرەکانەوە تێپەڕ ببن. لەوە دەچێت ژیان پێیەکی لە جیهانی کلاسیک و پێیەکی تر لە قووڵایی جیهانی سەیروسەمەرەی کوانتەمدا بێت. ئێمە ئارگیومێنت دەکەین کە ژیان لە کەناری کوانتەمدایە.

بەڵام ئایا دەکرێت گیانداران، ڕووەکەکان و میکرۆبەکان بە ڕاستی لەژێر فەرمانڕەوایی یاساکانی سروشتێکدا بن، کە ئێمە بڕوامان وایە تەنها بۆ شرۆڤەی ڕەفتاری تەنۆلکە بنەڕەتییەکانە؟ بە دڵنیاییەوە ئۆرگانیزمە زیندووەکان کە لە چەندین تریلیۆن تەنۆلکە پێک هاتوون، تەنی ماکرۆسکۆپین هاوشێوەی تۆپی فووتبۆڵ، یان شەمەندەفری هەڵمین، دەبێت بە ڕێسا کلاسیکییەکان وەک یاسا میکانیکییەکانی نیوتن یان زانستی سێرمۆداینامیک شرۆڤە بکرێن. بۆ تێگەیشتن لەوەی بۆچی ئێمە جیهانی میکانیکیی کوانتەمیمان بۆ شرۆڤەی تایبەتمەندییە سەرسووڕهێنەرەکانی مادەی زیندوو پێویستە، ئێمە پێویستە سەرەتا سەیرێکی کورتی چالاکییە زانستییەکان بکەین بۆ تێگەیشتن لەوانەی کە تایبەتن بە ژیان.

هێزی ژیان

مەتەڵی ناوەندیی ژیان بریتییە لەمە: بۆچی ئەو مادەیەی کە پێکهاتەی بوونەوەری زیندووە، جیاواز لەو کاتە ڕەفتار دەکات کە لە پێکهاتەی بەردێکدایە؟ یۆنانییە کۆنەکان یەکەم کەسەکان بوون هەوڵیان دا بە دوای وەڵامی ئەم پرسیارەدا بگەڕێن. ئەرەستۆی فەیلەسووف، لەوانەیە یەکەم زانای گەورە بووبێت، کە بە دروستی

تایبەتمەندییە دیاریکراوەکانی مادەی زیندووی دیاری کردبێت، کە متمانەپێکراو و شیاو بۆ پێشبینین: بۆ نموونە، مەیلی تەنە ڕەقەکان بۆ بەربوونەوەیە لە کاتێکدا ئاگر و هەڵم حەزیان بۆ بەرزبوونەوەیە و تەنە ئاسمانییەکان حەزیان لە جووڵە لەسەر ڕێچکەیەکی بازنەییە بە دەوری زەویدا. بەڵام ژیان جیاوازە: هەرچەند زۆربەی ئاژەڵەکان بەردەبنەوە هەروەها دەشتوانن ڕابکەن؛ ڕووەکەکان بەرەو سەرەوە گەشە دەکەن و باڵندەکان تەنانەت دەتوانن بە دەوری زەویدا بفڕن. چی ئەوان زۆر جیاواز دەکات لە باقیی جیهان؟ وەڵامێک کە لە لایەن بیریاری سەرەتایی یۆنان، سوکرات دراوەتەوە و لە لایەن خوێندکارەکەی، ئەفلاتوونەوە تۆمار کراوە، بریتییە لەوەی: "ئەوە چییە کاتێک لە لەشدا هەیە دەیکات بە زیندوو؟- ڕۆحێک (A Soul)." ئەرەستۆ هاوڕا بوو لەگەڵ سوکرات کە شتە زیندووەکان هەڵگری ڕۆحن، بەڵام ئەو بڕوای وابوو پلەیان لەگەڵ یەکتری جیاوازە، نزمترین هیی ئەو ڕووکانەیە کە چەقیون، توانایان دەداتێ گەشە بکەن و خۆراک بە دەست بهێنن، پلەیەک بەرزتر ڕۆحی ئاژەڵانە، خۆیان دەبەخشن بە خاوەنەکانیان و دەشجووڵێن، بەڵام تەنها ڕۆحی مرۆڤە کە ژیری و زیرەکی دەبەخشێت. بە هاوشێوەیی لە چینی کۆندا باوەڕیان وابوو کە شتە زیندووەکان بۆیە زیندوون، چونکە هەڵگری هێزێکی مەعنەوین بە ناوی Qi (کە بە "شی" دەخوێنرێتەوە) کە بە ناویاندا هاتوچۆ دەکات. چەمکی ڕۆح دواتر دەچێتە ناو هەموو ئایینە سەرەکییەکانی جیهان، بەڵام سروشت و پەیوەندییەکەی بە لەشەوە، هەر بە نهێنی ماوەتەوە. مەتەڵێکی تر بریتی بوو لە مەرگ. بە گشتی وا دادەنرا ڕۆح نەمرە. بەڵام ئەی بۆچی ژیان هێندە کورتە؟ وەڵامەکەی لە زۆربەی کولتوورەکاندا بریتییە لەوەی مەرگ بە دەرچوونی ڕۆح لە جەستە ڕوو دەدات. لە کۆتایی ساڵی ١٩٠٧دا، پزیشکی ئەمەریکایی دونکان ماکدۆگال (Duncan MacDougall) دەیگوت کە توانای ئەوەی هەیە، لەو نەخۆشانەی کە دەمرن، بە

خێرایــی بە ڕێــگەی کێشـــان ڕۆح بپێوێــت. لە تاقیکردنەوەکـــانەوە گەیشـتبوو بەو ئەنجـامەی کە کێشـی ڕۆح نـزیکەی ٢١ گـرامە. بەڵام بۆچی ڕۆح ناچارە لە لەش جیا ببێتەوە؟ هێشتا هەر مەتەڵە. چەمکی ڕۆح ئیتـر بەشـێک نیـیە لە زانسـتی مـۆدێرن، لانـیکەم لە دەرەوەی لێکۆڵینەوەیە لەسـەر جیاکردنەوەی بوونی زیندوو لە نازیندوو، ئەمە هەل بە زانایــان دەدات کە لێکـۆڵینەوە لەســەر هۆکـاری جــووڵە لە بوونەوەرە زیندووەکاندا بکەن بەبێ ئەوەی باری قورسـی پرسـیاری فەلسـەفی و ئاییناسـییان بە کـۆڵەوە بێـت کە ڕێگـری لە لێکـۆڵینەوە لەســەر بـوونەوەرە زینـدووەکان دەکەن. بەڵام مێـژووی لێکـۆڵینەوە لەسەر چەمکی جووڵە زۆر دووروودرێژ و ئـاڵۆز و سەرنجڕاکێشـە، کە لەم بەشەدا ئێمە تەنها کورتەیەک پێشکەش دەکەین. ئێمە پێشتر باسـی دیدگای ئەرەسـتۆمان سـەبارەت بە حەزی تەنەکـان بـۆ جـووڵە بەرەو زەوی کرد، دوورکەوتنەوە لە زەوی یـان خـولانەوە بە دەوری زەویدا ئەو هەمـووی وەک جـووڵەی سروشـتی لەبەرچـاو گرتـووە. هەروەهـا ئەو تێگەیشتبوو کە تەنە ڕەقەکان دەکرێت پاڵ پێوە بنرێن، ڕابکێشـرێن و فڕێ بـدرێن کە ئەو نـاوی نـابوو جەبری (Violent) و وای دانـابوو بە هۆی هەندێک جۆری هێزەوە لە لایەن تەنێکی ترەوە ئامـادە دەبێت، وەک کەسێک کە دەیهاوێژێت. بەڵام چی جووڵەی هاوێژراو یان فڕینی باڵنـدە دروسـت دەکـات؟ وادیـارە ئەمە هۆکـارەکەی دەرەکـی نیـیە. ئەرەسـتۆ وای دانـا کە بـوونەوەرە زینـدووەکان، بە پـێچەوانەی تەنە نازیندووەکان، دەتوانن سـەرەتای جووڵەی خۆیـان دیاری بکەن و لەم بارەدا هۆکاری ئەم جووڵانە ڕۆحی بوونەوەرەکەیە.

تێڕوانینەکـانی ئەرەسـتۆ سـەبارەت بە سـەرچاوەی جـووڵە تـا ناوەڕاسـتی سـەدەکانی ناوەڕاسـت فەرمـانڕەوایی دەکـرد، بەڵام لەو کـاتەدا هەنـدێک شـتی سـەرنجڕاکێش ڕووی دا. زانایـان (کە ئەوکـات خۆیــان بە فەیلەســووفی سروشــت دەناســاند) دەســتیان کـرد بە دەربڕێنـی هەنـدێک تیـۆریی سـەبارەت بە جـووڵەی تەنـی بێگیـان بە

زمـانی لۆجیک و ماتماتیـک. دەکرێـت کەسـێک ئارگیومێنـت بکـات کە بەرپرسی ئەم گۆڕانە کە بەسەر بیرکردنەوەی مرۆڤدا هـات، زانایـانی سـەدەکانی ناوەڕاسـتی فارسـی و عەرەب بـوون، کەسـانی وەک ئەلهـازن (Alhazen) و ئیبنیـی سـینا (Avicinna)، بە دیـاریکراوی ڕۆڵیـان هەبـوو و پاشـان ئەم حەزە لە ئەنسـتیتوتە توێژینەوەییەکـانی ئەورووپـا وەک زانکۆکـانی پـاریس و ئۆکسـفۆرد دەرکەوت. بەڵام ئەم ڕێگەیەی شرۆڤەی جیهان لەوانەیە یەکەم میوەی گرنگی لە زانکۆی پادوا لە ئیتاڵیا هەبووبێت، کە گالیلۆ یاساکانی جووڵەی بە شـێوەی ماتماتیکی دارشت. لەو ساڵەی کە ئەو وەفاتی کرد، لە ساڵی ١٦٤٢دا ئیسحاق نیوتن لە لینکۆلنشـەیری (Lincolnshire) ئینگلتەرا لە دایک بـوو، ئەو شـرۆڤەیەکی ماتمـاتیکیی سـەرکەوتوانەی نائاسـایی بـۆ چـۆنێتیی گـۆڕانی جـووڵەی تەنە بێگیانەکـان بە هـۆی هێـزەوە ئامـادە کرد، سیستەمێک کە ئێستا بە میکانیکیی نیوتنی دەناسرێت. هێزەکانی نیوتن لە سەرەتادا جۆرێک بیرکردنەوەی زۆرتر نهێناوی بوون، بەڵام لە سـەدەکانی دواتردا بەپێی چەمکەوزە ناسـێنران. جووڵەی تەنەکـان دەگوترێت وزەی لەگەڵە، کە دەکرێت بۆ تەنی وەسـتاو بگوازرێتەوە و ناچاریان بکات بجووڵێن. بەڵام هێزەکان دەکرێت هەروەها لە ڕێگەی دوورەوە لە نێـوان تەنەکـان بگـوازرێنەوە: نمـوونەی ئەمە هێـزی کێشکردنی زەوییە، کە شێوەکەی نیوتن بەرەو زەوی ڕادەکێشێت یـان هێزە موگناتیسییەکانە کە بزۆکەکانی جەمسەرنما دەجووڵێنێت.

پێشکەوتنە بەرچاوەکان کە بە گالیلۆ و نیوتنەوە دەستی پێ کرد، لە سەدەی ١٨دا هەنگاوی گەورەی نا و لە کۆتـایی سـەدەی ١٩دا ئەو چوارچێوەکـارەی کە ناسـراوە بە فیزیـای کلاسـیک، بە جـوانی هـاتە ئـاراوە. لەم کـاتەدا شـێوازەکانی تـری وزە وەک گەرمـا و ڕوونـاکی، دەکـرا کارلێـک لەگەڵ پێکهاتەکـانی مـادە، واتە ئەتـۆم و مۆلکیولەکـان بـکەن، کە دەبـوون بە هـۆی ئەوەی گەرمتـر بـن و ڕوونـاکی دەربـکەن یان ڕەنگیان بگۆڕرێت. تەنەکان وا دادەنران پێک هـاتوون لە تەنۆلکە

که جووڵەکانیان بە ڕێگەی هێزەکانی کێشکردن یان کارۆموگناتیسی کۆنترۆڵ دەکرێت (لە کۆتایی سەدەی ١٩دا، فیزیایی سکۆتلەندی جیمز کلرک ماکسوێل، پیشانی دا کە هێزەکانی کارەبا و موگناتیس ٢ ڕوخساری هێزی کارۆموگناتیسین). هەر بۆیە جیهانی مادی یان لانیکەم جیهانی مادەی بێگیان، دابەش دەبوو بە ٢ بوونی جیاواز: مادەی شیاو بۆ بینین (visible matter) و هێزە نەشیاو بۆ بینینەکان (invisible forces)، کە کاری دەکردە نێوانیان بە ڕێگەیەک کە زۆر کەم ناسراو بوو، شەپۆلەکانی وزە لە فەزادا بە ڕێگەی بوارەکانی هێز (force fields) بڵاو دەبوونەوە. بەڵام ئەی سەبارەت بە مادەی زیندوو کە ئۆرگانیزمە زیندووەکانی لێ دروست دەبێت؟ لە چی دروست بوون و چۆن دەجووڵێن؟

سەرکەوتنی مەشینەکان

ئایدیای کۆن کە هەموو بوونەوەرە زیندووەکان بە هۆی هەندێک جۆری جەوهەری لە سروشت بەدەری (supernatural substance) یان بوون (Entity) دەجووڵێن، لانیکەم هەندێک لێکدانەوەی بۆ جیاوازییە بەرچاوەکانی نێوان مادەی زیندوو و نازیندوو دروست دەکرد. ژیان جیاواز بوو، چونکە لەجیاتیی هێزی میکانیکیی دنیایی، ئەو بە هۆی ڕۆحی مەعنەوییەوە دەجووڵا؛ بەڵام ئەمە لێکدانەوەیەکی جێگای ڕەزامەندی نەبوو- هاوتا بوو لەگەڵ دەربڕینی جووڵەی مانگ و خۆر و ئەستێرەکان بە هۆی پاڵپێوەنانی فریشتەکانەوە. لە ڕاستیدا هیچ لێکدانەوەیەکی ڕاستەقینە لەئارادا نەبوو، هەر بۆیە سروشتی ڕۆح (و فریشتەکان) بە تەواوەتی بە نهێنی مایەوە.

لە سەدەی ١٧دا، فەیلەسووفی فەڕانسی ڕینە دێکارت (René Descartes) تیۆروانینێکی جێگرەوەی توندڕەوانەی پێشکەش کرد. ئەو لەژێر کاریگەریی کاتژمێر، شتە یارییەکان و بووکەشووشە

قورمیشکراوەکاندا بوو، کە بۆ سەرگەرمی لە هەموو ئەورووپا لەو کاتەدا دروست دەکران، کە بوو بە ئیلهامی شۆڕشگێڕانەی ئەوەی بگوترێت تەنەکان، ڕووەکەکان و ئاژەڵان بە مرۆڤیشەوە، ماشینی زۆر ئاڵۆزن کە پێک هاتوون لە مادەی ئاسایی و بە ئامێری میکانیکی لە شێوەی پەمپ، خلۆکەی زبر و پستۆن و سۆپاپ کە هەر بەو هێزانە کار دەکەن کە فەرمانڕەوایی لەسەر جووڵەی مادەی نازیندوو دەکات. دێکارت زیهنی مرۆڤی لەم دیدگا میکانیکییە بەدەر کرد و دایە دەست ڕۆحی هەمیشەیی، بەڵام ئەم فەیلەسووفە لانیکەم هەوڵی دا چوارچێوەکارێک بۆ شرۆڤەی ژیان بەگوێرەی یاساکانی فیزیا ئامادە بکات کە بۆ فەرمانڕەوایی بەسەر تەنە نازیندووەکاندا دۆزرابووەوە. نزیکبوونەوەی زیندەناسیی میکانیکی لە نزیک سەردەمی سێر ئیسحاق نیوتنەوە درێژەی پێ درا. پزیشک ویلیام هارڤی (William Harvey) دۆزییەوە کە دڵ هیچ نییە جگە لە پەمپێکی میکانیکی. سەدەیەک دواتر کیمیایی فەڕەنسی، ئانتۆنی لاڤۆسییە (Antoine Lavoisier) باسی ئەوەی کرد کە لە هەناسەدانیدا بەرازی گینە (guinea pig) ئۆکسیجن بە کار دەهێنێت و دوانەئۆکسایدی کاربۆن دروست دەکات، هەر بەو شێوەیەی ئاگر هێزی جووڵێنەر بۆ بزوێنەرەکانی تەکنەلۆجیای نوێ ئامادە دەکات. ئەو گەیشت بەو ئەنجامەی کە "هەناسەدان بریتییە لە دیاردەیەکی سووتاندنی زۆر هێواش، هاوشێوەی سووتانی بەردی خەڵووز". هەڵبەت لەوانەیە دێکارت پێشبینیی کردبێت، ئاژەڵان زۆر جیاواز لە لۆکۆمۆتیڤەکان نین، کە زۆر زوو شۆڕشێکی گواستنەوەیان لە سەرانسەری ئەورووپادا دروست کرد، کە خەڵووزی بەردینیان بە کار دەهێنا.

بەڵام ئایا دەکرێت ئەو هێزانەی کە شەمەندەفەرە هەڵمینەکان دەجووڵێنن، ژیانیش بجووڵێنن؟ بۆ وەڵامدانەوەی ئەم پرسیارە، ئێمە پێویستە تێبگەین چۆن هەڵم شەمەندەفەر لە تەپۆڵکەکانەوە سەردەخات.

مێزی بیلیاردی مۆلکیولی

ئەو زانستەی چۆنێتیی کارلێکی مادە و گەرما باس دەکات، پێی دەگوترێت سێرمۆداینامیک؛ تێگەیشتنە سەرەکییەکانی لە لایەن فیزیایی نەمساوی، لودویگ بۆلتزمانەوە (Boltzmann Ludwi) هاتە ئاراوە، کە هەنگاوە سەرەتاییەکانی بریتی بوو لە کارکردن لەگەڵ تەنۆلکە سەرەتاییەکاندا، ژمارەیەکی گەورە تەنۆلکەی شێوە تۆپی بیلیارد کە ملکەچی یاساکانی نیوتن بوون.

وای دابنێ ڕووبەری مێزێکی بیلیارد (ئێمە لێرەدا باسی یاریی ئەمەریکایی بیلیارد یان پوول دەکەین)، بە دارێک کە دەکرێت بجووڵێت دەکرێت بە ٢ بەش. هەموو تۆپەکان بە تۆپی نیشانەشەوە، لە لای چەپی دارەکەدان و لە شوێنێکی بە نزیکەیی سێگۆشەدا ڕیز کراون. ئێستا وای دابنێ تۆپە کۆبووەوەکان بە تۆپە نیشانەکە بە توندی لێی دەدرێت، تۆپەکان بە خێرایی زۆر لە هەموو ئاراستەکاندا دەکەونە جووڵە و دەکەون لە یەک و لە دیوارەکان و دارە شیاو بۆ جووڵە دابەشکەرەکە و دەگەڕێنەوە. بزانە چی بۆ دارەکە ڕوو دەدات: ئەو دەکەوێتە بەر ئەو هێزانەی کە لە لای چەپەوە لێی دەدرێت، بەڵام هیچ لێدانێکی لە لای ڕاستەوە نابێت. سەرەڕای ئەوە جووڵەی تۆپەکان بە تەواوەتی هەڕەمەکییە، دارەکە تێکڕای هێزێک لەو بەرکەوتنانە هەست پێ دەکات و بەرەو لای ڕاست پاڵی پێوە دەنرێت، ڕووبەری لای چەپ فراوانتر و لای ڕاست بەرتەسکتر دەبێت. دەکرێت وێنای ئامرازی تر لەسەر مێزە بیلیاردەکە بکەین، بە بەکارهێنانی پوولی و نوێل بە هۆی جووڵەی داری ناوەڕاست مێزەکە بەرەو لای ڕاست دەکرێت شەمەندەفەرێکی یاری بە تەپۆلکەیەکدا بەرز بکەینەوە.

ئەم بیرکردنەوەیەی بۆلتزمان لە بنەڕەتدا بریتییە لە چۆنێتیی کارکردنی بزوێنەرە گەرمییەکان لە شەمەندەفەری هەڵم بۆ هەڵکشان بە تەپۆلکەکاندا – بە بیرت بێتەوە لێرەدا باسی سەردەمی هەڵم دەکەین – مۆلکیولەکانی ئاو لە ناو لوولەکی بزوێنەری هەڵم ڕێک

وەک تۆپەکـانی بیلیـارد کاتێـک تـۆپە نیشـانەکراوەکان لـێ دەکەوێـت، هەڵسوکەوت دەکەن: جووڵەی هەڕەمەکی کە بە هـۆی گەرمـاوە خێرایـی وەردەگرێـت، دەبێت بە هـۆی ئەوەی مۆلکیولەکـان بـکەون لە یەکتـری و پستۆنی بزوێنەرەکە بە وزەی زیاترەوە بەرەو سەرەوە بۆ جووڵاندنی شـەفتەکان (Shafts) و گێڕەکـان (Gears) و زنجیرەکـان (chains) و ویلەکـانی (wheel) شـەمەندەفەری هەڵـم پاڵ پێوە بنێن و بەم شـێوەیە جـووڵەیەک بەرەو پێشـەوە دروسـت دەبێت. سـەدەیەل و تۆزێـک دوای بۆلتزمـان، ئۆتـۆمبیلە بەنـزینییەکەت ڕێـک لەسـەر ئەم بنچینەیە بە کـار دەهێنیت، بەڵام گازی گڕگرتوو لەجیاتیی هەڵم بە کار دێت.

یەکێـک لە لایەنە بەرچاوەکـانی زانسـتی سـێرمۆداینامیک ئەوەیە کە هەمـوو شـتێکی تێـدایە. جـووڵەی ڕێکـوپێکی بزوێنەرێکـی گەرمـایی لە جــووڵەی هەڕەمەکیـــی میلیۆنەهـــا ئەتـــۆم و مۆلکیـــوڵی بەجــــووڵەی هەڕەمەکیـیەوە دێـت. جـگە لەوە، زانسـتەکە بە شـێوەیەکی نائاسـایی گشـتگیرە و نە تەنهـا دەکرێـت بـۆ بـزوێنەرە هەڵمینەکـان، بەڵکـو بە نزیکەیی بۆ هەموو کیمیـای سـتاندەر کە لە هەمـوو ئەو شـوێنانەی ئێمە خەڵـووزی بەردیـن لە هەودا دەسـووتێنین، ژەنگهێنـانی ئاسـن، لێنـانی چێشـت، دروسـتکردنی پـۆڵا، تـوانەوەی خـوێ لە نـاو ئـاو، کولانـدنی کترییەک ئاو یان ناردنی مووشەکێک بۆ مانگ بە کـار دێت. هەمـوو ئەم پرۆسە کیمیاییانە هەڵگری گۆڕینەوەی گەرمـایە و لە ئاسـتی مۆلکیولیدا هەمووی لە پرەنسیپەکانی سێرمۆداینامیکەوە کە بەندن لەسـەر جـووڵەی هەڕەمەکـی، بە دەسـت دێـن. لە ڕاسـتیدا بە نزیکەیـی هەمـوو پرۆسـە نازینـدەکان (فیزیـایی و کیمیـایی) کە دەبـن بە هـۆی گـۆڕان لە جیهـانی ئـێمە، لە پرەنسـیپەکانی سـێرمۆداینامیکەوە دێـن. جـووڵەی زەریاکـان، تۆفـانە کاولکارەکـان، بەردە پووکاوەکـان، سـووتانی دارسـتـانەکان و ژەنگی کانزاکان، هەموو لەژێر کۆنترۆڵی هێزە بێئامـانە پشـێوەکییەکانی سـێرمۆداینامیکدان. هەر پرۆسـەیەکی ئـاڵۆزی ڕێکخـراو و ڕێکوپێـک کە دەیبینین، هەموو سەرچاوەکەیان جووڵەی هەڕەمەکیی مۆلکیولەکانە.

ئایا ژیان وەک پشێوییە؟

ئایا هەمان شتیش بۆ ژیان ڕاستە؟ با بچینەوە بۆ مێزی بیلیاردەکە، بەڵام لە سەرەتادا تۆپەکان بە شێوەی سێگۆشە ڕێکوپێک کراون. لەم کاتەدا ئێمە ژمارەیەکی زۆر تۆپ لە مێزەکە زیاد دەکەین (وای دابنێ مێزەکە زۆر گەورەیە) و بە توندی زەربە دەدەین لە تۆپە سەرچاوەییەکان. ئەم جارە دووبارە جووڵەی بەرکەوتنی هەڕەمەکی کە دەبێت بە هۆی جووڵاندنی دارە دابەشکەرەکە، دەکرێت بە کار بهێنرێت، هەڵبەت ئەم جارە نەک بۆ پاڵپێوەنانی شەمەندەفەرێکی یاری لە تەپۆڵکەیەکەوە، بەڵکو ئێمە ئامێرێکی زیرەکتری پێ دەخەینە کار. لە جووڵەی مەشینەکەمان بە هۆی هەڵبەزودابەزی تۆپەکانەوە، ئێمە شتێکی تایبەتر ئەنجام دەدەین: هێلانە سێگۆشەکەی تۆپەکان لە هەڵبەزودابەزی هەڕەمەکیدا دەهێڵینەوە. هەموو جارێک یەکێک لە تۆپەکان لە کۆمەڵەی ناو سێگۆشەکە بە هۆی جووڵە هەڕەمەکیی ئەوانی ترەوە، بە هەڕەمەکی دێتە دەرەوە، جۆرێک هەستەوەر ئەم ڕووداوە تۆمار دەکات و ڕاستەوخۆ قۆڵێکی میکانیکیی تۆپێک ڕێک وەک خۆی دەخاتەوە جێگەی تۆپە دەرچووەکە- لەوانەیە هەست بە بۆشاییەک لە یەکێک لە گۆشەکاندا بکات.

هیوادارین تۆ ئێستا تێگەیشتبیتیت کە سیستەمەکە ئێستا هەندێک وزە بە هۆی بەرکەوتنی هەڕەمەکیی مۆلکیولەکانەوە بە کار دەهێنێت بۆ ئەوەی بەشێک لە خۆی لە دۆخێکی ڕێکوپێکدا بهێڵێتەوە. لە سێرمۆداینامیکدا، چەمکی ئەنترۆپی بە کار دێت بۆ شرۆڤەی نەمانی ڕێکوپێکی و دۆخی ڕێکوپێکیی بەرز هەڵگری کەمترین ئەنترۆپییە. مێزە بیلیاردەکەی ئێمە دەکرێت بگوترێت وزە لە ئەنترۆپیی بەرزی (پشێوی) بەرکەوتنەکانەوە وەردەگرێت بۆ هێشتنەوەی بەشێک لە خۆی، واتە سێگۆشەی تۆپەکان لە ناوەڕاستدا لە دۆخی ئەنترۆپیی نزمدا (ڕێکوپێک) دەهێڵێتەوە.

ئێستا جاری گوێ بەوە مەدە ئێمە ئایا دەکرێت چۆن ئەم فێڵوفەرجە بکەین: خاڵی سەرەکی بریتییە لەوەی ئەنترۆپیی وەرگیراوی مێزە بیلیاردەکەی ئێمە هەندێک شتی سەرنجڕاکێش ئەنجام دەدات. تەنها بە جووڵەی هەڕەمەکییانەی تۆپ، ئەم سیستەمە نوێیەی تۆپ و مێز و دار، ئامێری هەستەوەری تۆپ دەتوانن ڕێکوپێکی لە بەشێک لە سیستەمەکەدا بپارێزن.

ئێستا با وێنای ئاستێکی سەرسووڕهێنەری تر بکەین، لەم کاتەدا هەندێک وزەی دارە جیاکەرەوەکە– دەکرێت ناوی وزەی سەربەستی سیستەمی لێ بنێین (Free-energy)، کە یەکێکە لە چەمکە زۆر گرنگەکانی سێرمۆدایامیک و بە باشی دەکرێت بۆ شرۆڤەی ئەم نموونەیە بکرێت بە کار بهێنرێت، بۆ بونیادنان و هێشتنەوەی ئامێرە هەستەوەرەکە و قۆڵە جووڵاوەکە و تەنەنات بۆ بەکارهێنانی ژمارەیەکی زۆر تۆپی بیلیارد وەک مادەی خاو بۆ بونیادنانی ئەم ئامێرانە لە یەکەم شوێن. ئێستا هەموو سیستەمەکە خۆپارێزە و دەکرێت لە پرەنسیپدا، تا ئەو کاتەی بە بەردەوامی بە ژمارەیەکی زۆر جوڵەی تۆپی هەڕەمەکی کە فەزای پێویست بۆ جووڵەی دارەکە ئامادە دەکات، بە شێوەیەکی هەمیشەیی تێر ببێت، دەمێنێتەوە.

سەرئەنجام چونکە خۆی دەهێڵێتەوە، ئەمە سیستەمەکە دەبات بەرەو ئەنجامدانی کارێکی سەرسووڕهێنەر: بە بەکارهێنانی وزەی سەربەست بۆ هەستکردن، گرتن و ڕێکخستنی تۆپەکانی بیلیارد، کۆپییەک لە خۆی بە گشتی دروست دەکاتەوە: مێزەکە، دارەکە، ئامێری هەستکردن بە تۆپ و هەروەها سێگۆشەی تۆپەکان. ئەم کۆپییانە دەکرێت بە هاوشێوەیی توانای ڕێکخستنی تۆپەکانی بیلیارد و وزەی سەربەستی دەسکەوتوو لە بەرکەوتنی بۆ دروستکردنی ئامێری خۆتێرکەری زیاتر بە کار بێت و ئەم کۆپییانە...

ئێستا دەکرێت تێبگەیت چی ڕووی داوە. پرۆژە خەیاڵییەکەی ئێمە لەسەر تۆپی بیلیارد هاوتای ژیانە. ڕێک وەک باڵندەیەک، ماسییەک

یـان مرۆڤێـک، یـاخود ئـامێرێکی خەیـاڵی، دەکرێـت خـۆی بهێڵێـتەوە و خۆی دووبـارە بکـاتەوە، ئەویـش بە بەکارهێنـانی وزەی سـەربەسـت لە جــووڵەی هەڕەمەکیـــی بەرکەوتنـــی مۆلکیوڵەکـــان. هەروەهـــا ئەمە نزیکبـــوونەوەیەکی قـــورس و ئـــاڵۆزە کە وای دابنێـــین هێـــزە بەکارهاتووەکان ڕێک وەک ئەو هێزە بێت کە شـەمەندەفەری هەڵم بە تەپۆلکەکاندا سەردەخات. لە ژیاندا، تۆپەکانی بیلیارد بەو مۆلکیولانەی کە لە خـــۆراکەوە وەردەگێـــررێن، جێگەیـــان دەگیـــررێتەوە، بەڵام پرۆسەکە زۆر ئاڵۆزتر لەوەیە لە نموونە سادەکەدا باسمان کردووە، بەڵام پرەنســیپ هەمــان شــتە: وزەی سەربەســتی دەســتکەوتوو لە بەرکەوتنـی هەڕەمەکـی (و کـارادنەوە کیمیاییەکەیـان) ڕاسـتەوخۆ بـۆ هێشتنەوەی لەش و دروستکردنی کۆپی لێی بە کار دێت.

کەوابـوو، ئایـا ژیـان لقێکـی سـێرمۆدانامیکە؟ ئایـا کاتێـک ئـێمە لە کەژەوانیین و لە تەپۆلکەکانەوە سـەردەکەوین، هەمـان پرۆسـە بە کـار دەهێنین کە پاڵ بە لۆکۆمۆتیڤەکـانەوە دەنێت بەرەو سـەرەوە بڕوات؟ ئایا فڕینی ڕۆبین جیاواز نییە لە فڕینی تۆپ؟ کاتێک دێینە ئەو ئاستە، ئایا چەخماخەی ژیان هەمان جووڵەی هەڕەمەکیی مۆلکیولەکانە؟ بۆ وەڵامـدانەوە بەم پرسـیارانە، ئـێمە پێویسـتە نزیکتـر سـەیری ڕێسـای ژیان بکەین.

تێڕوانینی قووڵتر بۆ ژیان

یەکەم پێشـکەوتنی سـەرەکی سـەبارەت بە ڕێسـای وردی ژیـان لە سـەدەی ١٧دا لە لایەن فەیلەسـووفی سروشـتی، ڕۆبێـرت هـوکەوە (Robert Hooke) هـاتە ئـاراوە، کە لە مایکرۆسـکۆپە وردبینەکەی ورد بـووەوە و ئەو شـتە وردەی کە لە تـوێیەکی چێـوپەمەدا بینیـی، نـاوی خـانەی (Cell) لـێ نـا، هەروەهـا لە لایەن مایکرۆسکۆپیسـتی هۆڵەنـدییەوە ئـانتۆن ڤـان لیوینهۆیـک (Anton van Leeuwenhoek)، ئەو شـتەی لە نـاو دڵۆپەکـانی ئـاوی حەوزدا

دۆزییەوە ناوی زیندەمۆڵکیوڵی لێ نا (animalcules)- کە ئێستا پێی دەگوترێت تاکخانەی زیندوو. ئەو هەروەها خانە ڕووەکییەکان، خڕۆکە سوورەکانی خوێن (red blood cells) و تەنانەت سپیرماتۆزوای (spermatozoa) دۆزییەوە. دواتر تێگەیشتین کە شانە زیندووەکان دابەش دەبن بۆ ئەم یەکە خانەییانە، واتە بلۆکە دروستکەرەکانی جەستە زیندووەکان. ڕدۆلف ڤیرشۆ، پزیشک و زیندەناسی ئەڵمانی، لە ساڵی ١٨٥٨دا دەنووسێت: "هەروەک چۆن درەخت لە ژمارەیەکی زۆر بەشی دیاریکراو پێک هاتووە، لەودا هەر بەشێکی تەنها لە گەڵاکان و لە ڕیشە و لە کۆتە و لە گوڵ، خانەکان دۆزراوەکان بەشی کۆتاییین، هەر بۆیە ئەوان دەشێت گیاندارە زیندووەکانیش دروست بکەن. هەر گیاندارێک لە خۆیدا پێک هاتووە لە کۆمەڵێک بوونی زیندوو، هەر کام لەوان هەموو تایبەتمەندییەکانی ژیان بەرجەستە دەکەن."

لێکۆڵینەوە لەسەر خانە زیندووەکان بە وردەکاریی زیاتر و بە هۆی مایکرۆسکۆپی بەهێزترەوە، دەری خست ئەم ڕێسا ناوەوەییە بە ڕادەیەکی زۆر ئاڵۆزە، هەر کام لەوان ناوکێکیان لە ناوەنددا هەیە کە پڕە لە کرۆمۆزۆم و بە سیتۆپلاسم گەمارۆ دراون، لە هەر کام لەواندا نیمچەیەکی تایبەت هەن کە پێی دەگوترێت ئەندامۆچکە (organelles) کە وەک ئەندامەکانی لەش هەندێک کاری تایبەتی لە ناو خانەدا ئەنجام دەدەن. بۆ نموونە ئەندامۆچکەیەک کە پێی دەگوترێت میتیکۆندەریەن (mitochondrion)، هەناسەدانی ناو خانە ئەنجام دەدات، لە کاتێکدا ئەندامۆچکەی کلرۆپلاست پرۆسەی ڕۆشنەپێکهاتنی لە ناو خانە ڕووەکییەکاندای لە ئەستۆیە. بە گشتی خانەکان وێنەیەک لە کارگەیەکی زۆر قەرەباڵغ پێشکەش دەکەن. بەڵام چی دەیخاتە کار؟ چی ژیان دەدات بە خانەکان؟ لە سەرەتادا وایان دەزانی ناو خانە پڕە لە هێزی ژیان (Vital Force)، کە هاوتای پێناسەی ئەرەستۆیی بۆ ڕۆحە. بۆیە لە سەدەی ١٩دا بڕوا بە

ڤیتالیسم لەئارادا بوو- کە بڕوایان وابوو بوونەوەرە زیندووەکان بە هۆی هێزێکەوە دەژین کە لە مادە نازیندووەکاندا نییە. خانەکان وا دادەنرا پڕن لە مادەی ژیانی نهێنی کە پێی دەگوترا پرۆتۆپلاسم، کە بە تەواوی وشەیەکی سیحری بوو.

بەڵام ڤیتالیسم بە هۆی کاری چەندین زانای سەدەی ١٩ەوە بەتاڵ کرایەوە، کە توانییان مادە کیمیاییەکان لە خانە زیندووەکان جیا بکەنەوە، ئەم مادانە هاوشێوەی ئەوانە بوون کە لە تاقیگەدا دروست دەکران. بۆ نموونە لە ساڵی ١٨٢٨دا کیمیایی ئەڵمانی فریدریش وۆهلەر (Friedrich Wöhler) مادەی ئورەی (urea) دروست کرد، کە مادەیەکی کیمیاییە و پێشتر وا دادەنرا کە تایبەتە بە خانە زیندووەکان. لویز پاستۆر (Louis Pasteur) تەنانەت توانیی گۆڕینی کیمیایی وەک ترشاندن (fermentation) بە دەرهێنانی لە خانە زیندووەکان (دواتر ئەنزیمەکان) دروست بکات، کە پێشتر وا دادەنرا تایبەتە بە ژیان. بەرە بەرە وا دەردەکەوت کە مادەی زیندوو تا ڕادەیەک پێک هاتووە هەر لەو مادانەی کە مادەی نازیندووی لێ دروست دەکرا، هەر بۆیە دەبێت هەمان کیمیا فەرمانڕەوایی بکات لەسەری. ڤیتالیسم بەرە بەرە گۆڕا بە میکانیزم.

لە کۆتایی سەدەی ١٩دا، بایۆ کیمیاییەکان بەسەر ڤیتالیستەکاندا زاڵ بوون (هەڵبەت دەبێت ئەوەش ڕوون بکرێتەوە کە هەندێک لە بایوکیمیاییەکان ڤیتالیست بوون). خانەکان وا لەبەرچاو گیران کە بوخچەیەکی بایۆکیمیایی بن کە بە ڕێگەی کیمیاییەکی ئاڵۆز کار دەکەن. لەگەڵ ئەوەشدا یەکێک لە کارەکان بەند بوو لەسەر جووڵە مۆڵکیوڵییەکان، هاوشێوەی تۆپەکانی بیلیارد، کە لە لایەن بۆلتزمانەوە ڕوون کرایەوە.

ژیان بەو شێوەیەی کە بە گشتی بڕوایان پێی بوو، بە وردی سێرمۆدینامیکی بوو. جگە لە یەک لایەنەوە- کە بە دڵنیاییەوە گرنگترینی هەموویانە.

جین (Gene)

توانایی ئۆرگانیزمێکی زیندوو کە بە تەواوەتی دەتوانێت یەکێک وەک خۆی دروست بکاتەوە- وەک باڵندەیەکی ڕۆبین، گوڵێک یان کەسێک، بۆ سەدان ساڵ مەتەڵێکی قووڵ بوو. لە ٥١ەمین مەشق (51st Exercitation)ی ساڵی ١٦٥٣، نەشتەرگەری ئینگلیزی، ویلیام هارڤی (William Harvey) ئاوا دەنووسێت: "هەرچەند ئەم شتە هەموو کەسێک دەزانێت، کە وا دادەنرێت کۆرپەلە سەرچاوەکەی و لەدایکبوونەکەی لە نێر و مێدایە و لە ئەنجامدا هێلکەکان لە لایەن مریشک و کەڵەشێرەوە دروست دەبن، هێشتا نە خوێندنگەیەکی پزیشکی و نە مێشکی زیرەکی ئەرەستۆ ئەم بابەتەیان کۆتایی پێ نەهێناوە کە چۆنە گوڵ لە تۆوەکەی و باڵندەی نێر و تۆیەکەی بە شێوەی جوجەڵە لە هێلکەی مریشکەوە دێتە دەرەوە."

هەوڵێک بۆ وەڵامدانەوەی، ٢ سەدە دواتر لە لایەن ڕاهیب و زانای ڕووەکناسی نەمساوی، گریگۆر مەندەڵەوە (Gregor Mendel) درا، کە لە دەوروبەری ساڵی ١٨٥٠ هەندێک کاری وەرزێریی لە باخچەی دەیرە ئاوگوستینییەکەی لە برنۆ دەکرد. بینینەکانی گەیاندی بەو پێشنیازەی کە سیفاتی وەک ڕەنگی گوڵ یان فۆرمی دانەوێڵە بە هۆی فاکتەرە بۆماوەییەکان، دەکرێت بە شێوەی نەگۆڕ لە نەوەیەکەوە بۆ نەوەیەکی تر بگوازرێتەوە. فاکتەرەکانی مەندەڵ لە ئەنجامدا هەمارێک لە زانیاریی بۆماوەیی ئامادە دەکەن، کە هەوڵ دەدات بە ڕووەکی پۆڵکە سیفەتەکەی لە ماوەی سەدان نەوەدا بپارێزێت- هەر لەو ڕێگەیەوەیە باڵندەی نێر و تۆیەکەی بە شێوەی جووجەڵە لە هێلکەی مریشکەوە دێنە دەرەوە. کارەکەی مەندەڵ لە لایەن ژمارەیەکی زۆر لە هاوسەردەمە زۆر ناسراوەکانی خۆیەوە، بە داروینیشەوە، گرنگیی پێ نەدرا و لە سەرەتای سەدەی ٢٠ جارێکی تر دۆزرایەوە. فاکتەرەکانی ناو نران جین (gen) و بە خێرایی لە سەدەی ٢٠دا بە بڕوای میکانیستی ڕوو لە پەرەسەندنی زیندەناسی

گـرێ درا. بەڵام هەرچەنـدە مەنـدەڵ پیشـانی دابـوو کە ئەم بوونـانە دەبێت لە ناو خانە زیندووەکاندا هەبن، هـیچ کەس هەرگیز نەیبینیبوو ئەمـانە لە چـی پێـک هـاتوون. بە هەرحـاڵ، لە سـاڵی ١٩٠٢دا زانـای ئەمەریکـایی بـواری جینێتیـک، والـتەر سـوتن (Walter Sutton) ئاماژەی بەوە کردووە، کە ڕیسـای نـاوەوەیی خـانەیی ناویـان دەبێت کرۆمـــۆزۆم (Chromosome) بێـــت، حەزی بـــۆ فـــاکتەرە بۆماوەییەکـانی مەنـدەڵ، ئەوی گەیانـد بەو ئەنجـامەی جـین لە نـاو کرۆمۆزۆمـدان. بەڵام کرۆمۆزۆمەکـان گەورەن (لانـیکەم بە شـێوەی ڕێژەیـی) و ڕیسـای ئـاڵۆزی پرۆتینـی، شـەکر و بایۆکیمیـایی کە پێـی دەگوترێت ترشی دیوکسی ڕیبۆ نوکلیک یان DNAیان هەڵگرتووە. لە سـەرەتادا ڕوون نەبـوو کـامیەک لەم بەشـانە بەرپرسـن لە بۆمـاوە. دواتر لە ساڵی ١٩٤٣دا، زانـای کەنەدی ئۆسـوالدا ئـاڤیری (Oswald Avery)، تـوانیی جینێـک لە باکتریـایەکەوە بـۆ باکتریـایەکی تـر بە دەرهێنـانی DNA لە خـانەی بەخشـەرەوە و کـردنە نـاو خـانەی وەرگـرەوە، بگـوازێتەوە. تـاقیکردنەوەکە پیشـانی دەدا کە ئەوەی زانیاریی جینێتیکیی زاتـی هەڵگرتووە، DNAی کرۆمۆزۆمەکانە، نەک پرۆتینەکـان یـان بایۆکیمیاییەکـانی تـر (بە هەرحـاڵ لەو کـاتەدا تاقیکردنەوەکەی ئاڤیری وا دانەنرا کە DNAی وەک مـادەی جینێتیکی سـەلماندبێت- ئەو گەنگەشـانە تـا کـاتی کریـک و واتسـۆن بەردەوام بوو). لەگەڵ ئەوەشدا وا دەردەکەوت هیچ شتێکی سیحری سـەبارەت بە DNA لەئارادا نییە و تەنها کیمیاییەکی ئاساییە.

هێشتا پرسیارێک بەجێ مابوو: ئەمە چۆن بە گشتی کار دەکات؟ چـۆنە زانیارییبەخشـەرێکی کیمیـایی پێویسـتە بـۆ ئەوەی کەڵەشـێر و تۆیەکەی بە شێوەی جووجەڵە لە هێلکەی مریشکەوە دەربکەون.

هەروەها چۆن جین کۆپی دەکرێت و لە نەوەیەکەوە بۆ نەوەیەکی تر دووپات دەبێتەوە؟ کیمیای ئاسـایی کە مۆلکیوڵە شێوە تۆپییەکانی بۆلتزمـان بە کـار دەهێنێـت، لەوە ناچێـت توانـای ئەوەی هەبێـت بە

ڕێگەیەک زانیاریی جینێتیکی پاشەکەوت بکات و کۆپیی بکات و بە ڕێگەیەکی دروست بیگوازێتەوە.

وەڵامەکە لە ساڵی ١٩٥٣دا کاتێک جەیمز واتسۆن و فرانسیس کریک لە تاقیگەی کاڤندیش لە کەمبریج کاریان دەکرد، دەرکەوت. ئەوان کاریان لەسەر ڕێسایەکی سەرنجڕاکێش لە داتای تاقیگەیی DNA دەکرد، کە لە لایەن هاوڕێکەیانەوە، ڕۆزالین فرانکلین (Rosalind Franklin) ئامادە کرابوو: واتە ٢ لوولپێچەکە (double helix). هەر DNAیەکی تەنها لە جۆرێک زنجیرەی مۆلکیولیی ئەتۆمەکانی فۆسفۆر، ئۆکسیجن و شەکر بە ناوی دیۆریبوس (eoxyribose) پێک هاتووە لەگەڵ ڕێسایەکی کیمیایی بە ناوی نیوکلۆتاید (nucleotides) کە وەک زنجیرەیەکی ملوانەکە وایە (ئەم ڕێسا کیمیاییە پێک هاتووە لە تفتەکانی نیوکلۆتایدا کە دروست بووە لە کاربۆن، نیترۆجین، ئۆکسیجن، هایدرۆجین، بە درێژیی گرووپێکی فۆسفات، کە بە شێوەی لوولپێچ لە کەناری DNAیەکەدان). ئەم ملوانکەیە لە ٤ جۆردایە: ئادینین (A)، گوانین (G)، کیتۆسین (C) و سیمین (T)، هەر بۆیە ڕێکخستنەکەیان بە درێژیی کەناری DNA زنجیرەیەکی یەکڕەهەندیی پیتی جینێتیکی دروست دەکات وەک "GTCCATTGCCCGTATTACCG." فرانسیس کریک ساڵانی جەنگ وەک ئادمیرال کاری کردبوو (فەرماندەی بەرپرس لە کەشتیی جەنگیی سوپا) هەر بۆیە سروشتی بوو ئەو لەگەڵ کۆدەکاندا ئاشنا بێت، وەک ئەو کۆدانەی کە مەشینی ئینجیمای ئەڵمانی (German Enigma machines) دروستی دەکرد و لە پارکی پلیتچی (Bletchley Park) دەکرانەوە. بە هەرحاڵ، کاتێک ئەو کەناری DNAی بینی، بە خێرایی تێگەیشت ئەوە کۆدە! زنجیرەیەک زانیاری کە وەک فێرکردنێکی بۆماوەیی ئامادە کراوە. لە بەشی ٧دا باسی دەکەین، کە دیاریکردنی کەناری لوولپێچیی DNA پرسی چۆنێتیی

کۆپیکردنی زانیارییەکانیش چارەسەر دەکات. بەم شێوەیە دوان لە گرنگترین نهێنییەکانی زانست چارسەر بوون.

دۆزینەوەی ڕێسای DNA میکانیزمێکی سەرەکیی ئامادە کرد کە نهێنیی جینەکانی دەکردەوە. جینەکان کیمیایین و کیمیاش هیچ نییە جگە لە سێرمۆدینامیک؛ ئایا دۆزینەوەی جووت لوولپێچەکە لە کۆتاییدا ژیان بە تەواوەتی دەهێنێتە ناوچەی زانستی کلاسیکی؟

ژیان وەک بزەیەکی زیرەکانە

لە چیرۆکەکەی لوی کارۆلس (Lewis)دا، سەرکێشییەکانی ئالیس لە وڵاتی شتە سەیرەکان (Carroll's Alice's Adventures in Wonderland) پشیلەکەی چیشایەر (Cheshire cat) ڕەفتاری ونبوونی هەیە و لە دوای خوی تەنها بزەیەک بەجێ دەهێڵێت، ئالیسی ناچار کرد وای دابنێ کە ئەو "زۆربەی جار پشیلەیەک دەبینێت بەبێ بزە، بەڵام هەرگیز بزەیەک نامێنێت بەبێ پشیلە". ژمارەیەکی زۆر لە زیندەناسەکان زۆربەی جار وەها هەستێکی دەروونییان هەیە، سەرەڕای ئەوەی دەزانن چۆن سێرمۆدینامیک لە ناو خانە زیندووەکاندا کار دەکات و چۆن جینەکان هەموو ئەو شتانە کە بۆ دروستبوونی خانەیەک پێویستە، بە کۆد دەکەن، بەڵام چۆن ژیان لەوانەوە بزە دەدات، نهێنییە.

یەکێک لە پرسەکان بە تەواوەتی ئاڵۆزبوونی کاردانەوە بایۆکیمیاییەکانە کە لە ناو هەر خانەیەکی ئاڵۆزدا هەیە. کاتێک کیمیاییەکان بە شێوەی دەسکرد ترشێکی ئامینۆ (amino acid) یان شەکرێک بەرهەم دەهێنن، ئەوان لە یەک کاتدا تەنها یەک بەرهەمیان هەیە، هەروەها بە وردی بارودۆخە تاقیگەییەکان بۆ کاردانەوەیەکی دیاریکراو، وەک پلەی گەرمی و چڕیی بەشە جۆربەجۆرەکان، بۆ باشتر دروستبوونی ئاوێتەیەکی تایبەتی بە وردی کۆنترۆڵ دەکەن. ئەمە کارێکی ئاسان نییە و کۆنترۆڵکردنێکی وردی بارودۆخی ناو

قاپە تایبەتەکان، پەستێنەرەکان ستوونەکانی جیاکەرەوە، ئامێرەکانی پاڵاوتن و ئامێرە کیمیاییەکانی تری پێویستە. هێشتا هەر خانەیەکی زیندوو لە ناو لەشت بە بەردەوامی هەزاران بایۆکیمیایی جیاواز، لە ناو ژوورێکی کاردانەوەی پڕ لە تەنها چەند میلیۆنمی میکرۆلیترێک شلە دروست دەکات (میکرۆلیترێک ئاو قەبارەکەی ١ میلیمەتر سێجایە). چۆن ئەو هەموو کاردانەوەیە هاوکات ئەنجام دەبێت؟ هەروەها چۆن هەموو ئەم کردارە مۆڵکیوڵییانە لە ناو خانەیەکی مایکرۆسکۆپیدا چڕ دەبێتەوە؟ ئەم پرسیارانە چڕ دەبێتەوە لە سیستەمە نوێیە بایۆلۆجییەکان، بەڵام ڕاستە کە بڵێین هێشتا وەڵامەکان نهێناوییە.

یەکێکی تر لە مەتەڵەکان بریتییە لە مردن. یەکێک لە تایبەتمەندییەکانی کاردانەوە کیمیاییەکان بریتییە لەوەی هەمیشە شیاو بۆ پێچەوانەبوونەوەن. ئێمە لەوانەیە کاردانەوەیەکی کیمیایی بەم ئاڕاستە بنووسین سەرەتاکان---> بەرهەمەکان. بەڵام لە ڕاستیدا پێچەوانەکەشی واتە بەرهەمەکان---> سەرەتاکان هەمیشە هاوکات لەئارادان. تەنها لە هەندێک بارودۆخدایە یەکێک لە ئاڕاستەکان زاڵ دەبێت. بە هەرحاڵ هەمیشە ئەوەش مومکینە کە کۆمەڵێک بارودۆخی تر لەئارادا بێت کە لە بەرژەوەندیی ئاڕاستەی کیمیایی پێچەوانەدا بێت. بۆ نموونە، کاتێک سووتەمەنییە بەبەردبووەکان لە هەودا دەسووتێن، سەرەتاکان بریتین لە کاربۆن و تاکە بەرهەمیش بریتییە لە گازی ژووری سەوزی دوانەئۆکسیدی کاربۆن. بە شێوەی ئاسایی، ئەمە کاردانەوەیەکی نەشیاو بۆ گەڕانەوەیە، بەڵام هەندێک تەکنەلۆجیای وەرگرتنی کاربۆن هەن کە بە شێوەی پێچەوانەوە و بە بەکارهێنانی سەرچاوەیەکی وزە کاردانەوەکە پێچەوانە دەکەنەوە. بۆ نموونە ریچ ماسێل (Rich Masel) لە زانکۆی ئیلینیوز کۆمپانیایەکی دامەزراندووە بە ئامانجی بەکارهێنانی کارەبا بۆ گۆڕینی دوانەئۆکسایدی کاربۆنی بە

سـووتەمەنیی ئوتۆمبیـل[3]. ژیـان جیـاوازە، هـیچ کەسـێک تـا ئێسـتا هەلومەرجێکی نەدۆزیوەتەوە کە لە بەرژەوەندیی ئەم ئاراستەدا بێت خـانەی مـردوو--> خـانەی زینـدوو. بێگومـان ئەمە ئەو مەتەڵەیە کە پێشینانمانی هان داوە ئایدیای ڕۆح بهێننە کایەوە. ئێمە ئیتر بڕوامـان بەوە نییە کە خانە هەڵگری جۆرێک ڕۆحە؛ ئەی ئەوە چییە دەبێت بە هۆی ئەوەی ئەم پرۆسەی مردنە پێچەوانە نەبێتەوە؟

لێرەدا لەوانەیە بڵێیـت "زانسـتە نـوێیەکەی زیندەناسـیی شـیکاری (synthetic biology) چیـیە؟ ئایـا ئەوانەی کە لەم بـوارەدا کـار دەکەن کلیلـی نهێنیـی ژیانیـان لایە؟" لەوانەیە ناسـراوترین چـالاکیی زیندەناسیی شیکاری بریتی بێت لە زنجیرەی جینۆمی پێشـڕەوی ئەم بـوارە. کرایـگ ڤینتـەر (Craig Venter) بێـت، کە لە سـاڵی ٢٠١٠دا تۆفانێکی دروست کرد، کە گوایە ژیانی دەسکردی دروسـت کـردووە. کـارەکەی بە هەمـوو جیهانـدا بـڵاو بـووەوە و ترسـی دروسـتبوونی ڕەگەزی نـوێی بـوونەوەری دەسـکردی لەسـەر زەوی هێنـایە ئـاراوە، بەڵام ڤینتەر و تیمەکەی تەنها گۆڕانکارییان لە فۆرمێکی ژیاندا هێنـایە ئـاراوە، لەجیـاتیی ئەوەی فـۆرمێکی ژیـان دروسـت بـکەن. ئەوان شـیکارییان بـۆ کۆدەکـانی DNAی جینـۆمی باکتریـایەکی نەخۆشـی دروسـتکەر کـرد، کە ناسـراوە بە مایکۆپلاسـما مایکۆیـد (Mycoplasma mycoides)، کە دەبن بە هۆی نەخۆشـی لە بزنـدا. ئەوان DNAی جنینـۆمی شـیکراوەیان کـردە نێـو خـانەیەکی باکتریـای زینـدووەوە و زیرەکـانە کرۆمـۆزمە سـەرچاوەییەکەیان بە ڤێـرژنە شـیکارییەکە گـۆڕیی. ئەم کـارە بە دڵنیـاییەوە شـاکارێکی تەکنیکیـیە. کرۆمـۆزۆمی باکتریـاکە هەڵگـری ١٨ میلیـۆن پیتـی جینێتیکیـیە کە لە

[3] S. Harris, "Chemical potential: turning carbon dioxide into fuel," *The Engineer*, August 9, 2012, http://www.theengineer.co.uk/energy-and-environment/in-depth/chemicalpotential-turning-carbon-dioxide-into-fuel/1013459.article#ixzz2upriFA00.

زنجیرەیەکی دروست دا پشتەسەریەک ڕیز بوون. بەڵام لە زاتدا زانا دەبێت هەمان گواستنەوە ئەنجام بدات کە ئێمە کاتێک گۆڕینە کیمیاییە زاتییەکان لەگەڵ خواردنەکەی ئێمە ئەنجامی دەدەن و دەیگوڕن بە شانەی زیندوو.

ڤینتەر و تیمەکەی سەرکەوتوانە بە ڕێگەی شیکردنەوە و تێکردنی کرۆمۆزمێکی جێگرەوە، بوارێکی بە تەواوەتی نوێیان کردەوە بە ناوی زیندەناسیی شیکاری کە ئێمە لە بەشی کۆتاییدا باسی دەکەینەوە. ئەمە خۆشبەختانە بووە بە هۆی کردنەوەی ڕێگەی نوێ بۆ دروستکردنی چارەسەر، زیادکردنی بەرهەمی کشتوکاڵی و تیابردنی شتە زیانبەخشەکان. بەڵام نە لەمە و نە لە زۆر تاقیکردنەوەی هاوشێوەی تر زانایان نەیانتوانی ژیانی نوێ دروست بکەن.

سەرەڕای سەرکەوتنەکانی ڤینتەر، نهێنیی بنچینەیی ژیان بەردەوام بوو تا گەیشتووە بە ئێمە. فیزیایی براوەی خەڵاتی نۆبێل، ڕیچارد فاینمان جەخت دەکاتەوە، "کاتێک تێیناگەین ناتوانین دروستی بکەین"، بەم پێناسەیەوە ئێمە لە ژیان تێنەگەیشتووین بۆیە ناتوانین دروستی بکەین، ئێمە دەتوانین بایۆکیمیاییەکان تێکەڵ بکەین، دەتوانین گەرمیان بکەین، دەتوانین ڕووناکیان بکەینەوە، تەنانەت ئێمە دەتوانین هاوشێوەی ماری شیلی فراکینشتاین (Mary Shelley's Frankenstein) بە کارەبا بیانجووڵێنین، بەڵام تاکە ڕێگەی دروستکردنی ژیان بریتییە لە کردنەناوی ئەم مادە کیمیاییە ئامادەکراوانە بۆ ناو خانەیەکی زیندوو، یان بە خواردنیان، کە بەو ڕێگەیە دەبن بە بەشێک لە جەستەمان.

بۆچی ئێمە هێشتا ناتوانین ئەو فێڵە بکەین کە بە تریلیۆن میکرۆب لە چرکەیەکدا دەیکەن؟ ئایا ئێمە بەشێکمان ون کردووە؟ ئەمە پرسیاری فیزیایی بەناوبانگ. ئیروین شرۆدینگێرە، کە زیاتر لە ٧٠ ساڵ لەوەوپێش هێنایە ئاراوە و وەڵامە زۆر سەرسووڕهێنەرەکەشی باسی ئەم کتێبەیە. بۆ تێگەیشتن لەوەی بۆچی چارەسەرەکەی

شرۆدینگێر بۆ قوولترین نهێنییەکەی ژیان زۆر شۆڕشگێڕانەیە، ئێمە پێویستە بگەڕێینەوە بۆ سەرەتای سەدەی ٢٠، پێش ئەوەی ٢ لوولپێچەکە بدۆزرێتەوە، کاتێک جیهانی فیزیا ژێرەوڕوو بوو.

شۆڕشە کوانتەمییەکە

تەقینەوەی مەعریفەی زانستی لە ماوەی رۆشنگەریی سەدەکانی ١٨ و ١٩، میکانیکیی نیوتنی، کارۆموگناتیسی و سێرمۆداینامیکی بەرهەم هێنا و پیشانی دا کە ئەم ٣ ناوچەیەی فیزیا سەرکەوتوانە شرۆڤەی جووڵە و رەفتاری هەموو تەنە ماکرۆسکۆپییەکانی رۆژانە و دیاردەکانی جیهانەکەمان دەکات، لە گوللەتۆپەوە بۆ کاتژمێر و لە تۆفانەوە بۆ شەمەندەفەرە هەڵمییەکان، لە پەندۆڵەوە بۆ هەسارەکان. بەڵام لە کۆتایی سەدەی ١٩ و سەرەتای سەدەی ٢٠، کاتێک فیزیاییەکان سەرنجیان دایە پێکهاتە میکرۆسکۆپییەکانی مادە - واتە گەرد و گەردیلەکان- بینییان ئیتر یاسا ناسراوەکان کەڵکیان نییە. فیزیا پێویستی بە شۆڕش بوو.

یەکەم پێشکەوتن - چەمکی کوانتەم – لە لایەن فیزیایی ئەڵمانی، ماکس پلانکەوە (Max Planck) هاتە کایەوە، کە ئەنجامەکەی لە سمینارێکدا بۆ ئەنجوومەنی فیزیای ئەڵمانی لە ١٤ی دیسەمبەری ١٩٠٠ پێشکەش کرد، رۆژێک کە تا رادەیەکی زۆر بە رۆژی لەدایکبوونی تیۆریی کوانتەم دادەنرێت. تێگەیشتنی باو لەو کاتەدا بریتی بوو لەوەی کە تیشکی گەرمایی وەک فۆرمەکانی تری وزە لە فەزادا بە شێوەی شەپۆل بڵاو دەبێتەوە. پرسەکە بریتی بوو لەوەی تیۆریی شەپۆلی ناکرێت شرۆڤەی تەنە گەرمە دیاریکراوەکان بکات. هەر بۆیە پلانک ئایدیایەکی شۆڕشگێڕانەی پێشکەش کرد، مادەی دیوارەکانی ئەم تەنە گەرمانە تیشک بە شێوەی بوخچەی وزە یان کوانتا (quanta) دەدەنەوە، کە ناکرێت دابەش ببێت. تیۆرییە سادەکەی بە شێوەیەکی بەرچاو سەرکەوتوو بوو، بەڵام بە

شێوەیەکی ڕیشەیی جیاواز لە تیۆریی کلاسیکیی تیشکدانەوە کە لەودا وزە بە شێوەی بەردەوام دەردەچوو. تیۆرییەکەی پێشنیازی ئەوەی دەکرد لەجیاتیی ئەوەی وزە وەک ئاو بە شێوەی بەردەوام بجوولێت، وەک کۆمەڵەیەک بوخچەی جیاوازی نەشیاو بۆ دابەشبوون دەجوولێت- وەک ئەوەی بە شێوەی دڵۆپ لە بەلووعە بێتە دەرەوە.

پلانک هەرگیز لەگەڵ ئەم ئایدیا کە وزە بە شێوەی بوخچەیە، ئاسوودە نەبوو، بەڵام ٥ ساڵ دوای پێشنیازی تیۆرییە کوانتەمییەکەی ئەو، ئالبێرت ئاینشتاین ئەم ئایدیایەی پەرە پێ دا. هەموو تیشکدانەوە کارۆموگناتیسییەکان، بە ڕووناکییشەوە، بە شێوەی کوانتەمین لەجیاتیی ئەوەی بە شێوەی بەردەوام نەپساوە بن، بە شێوەی بوخچەی پچڕ پچڕن، کە ئێستا ئێمە بە فۆتۆن دەیناسین. ئەو پێشنیازی کرد بەم ڕێگە بیرکردنەوەیە سەبارەت بە ڕووناکی، دەکرێت ڕوونکردنەوە بۆ مەتەڵی کۆنی دیاردەی کارۆڕووناکی بکرێت، دەیاردەیەک کە لەودا ڕووناکی دەکەوێت لە ئەلیکترۆنەکان و فڕێیان دەداتە دەرەوە. ئەمە ئەو کارە بوو لەجیاتیی تیۆریی زۆر بەناوبانگی ڕێژەیی لە ساڵی ١٩٢١دا خەڵاتی نۆبێڵی بە دیاری بۆ هێنا.

بەڵام ژمارەیەکی زۆر بەڵگە هەبوو لەسەر ئەوەی کە ڕووناکی وەک شەپۆلێکی پەخشەوەبوو ڕەفتار دەکات. بۆیە چۆن دەبوو هەردووی شەپۆل و تەنۆلکە پێکەوە هەبن؟ لەوە نەدەچوو ئەمە لەوە کاتەدا لانیکەم لە چوارچێوەی زانستی کلاسیکیدا هەستێکی خۆش دروست بکات.

دواین هەنگاوی گەورە لە لایەن نیلس بۆر، فیزیایی دانیمارکییەوە نرا، کە لە ساڵی ١٩١٢دا چوو بۆ مانچستەر بۆ ئەوەی لەگەڵ ئیرنێست ڕازێرفۆرد (Ernest Rutherford) کار بکات. ڕازێرفۆرد پێشتر مۆدێلە بەناوبانگە هەسارەییەکەی خۆی بۆ ئەتۆم پێشکەش کردبوو، کە لەودا ناوکێکی چڕ لە ناوەندادا لە لایەن کۆمەڵەیەک ئەلیکترۆنی وردی بەخولەوە دەورە درابوو. بەڵام کەس نەیدەزانی

چۆن ئەتۆم بە هاوسەنگی دەمێنێتەوە. بەپێی تیۆریی ستاندەری کارۆموگناتیسی، ئەلیکترۆنە بارگاوییە نێگەتیڤەکان لە کاتی سوورانەوە بە دەوری ناوکدا بە شێوەی بەردەوام وزەی ڕووناکی دەدەنەوە. کاتێک ئەمە ئەنجام دەبێت، ئەوان بە خێرایی وزەکەیان لە دەست دەدەن (لە ماوەی تەنها ١ ملیاردەمی چرکە) و بە شێوەی لوولپێچ بەرەو ناوک دەڕۆن و دەبن بە هۆی ئەوەی ئەتۆم دابڕمێت. بەڵام ئەلیکترۆنەکان ئەمە ناکەن. ئەی کە وایە فێڵەکەیان چییە؟

بۆ شرۆڤەی هاوسەنگیی ئەتۆم، بۆر پێشنیازی کرد ئەلیکترۆنەکان سەربەست نەبن بۆ ئەوەی لە هەر سوورگەیەکدا بسوڕێنەوە، لەجیاتیی ئەوە تەنها لە هەندێک سوورگەی دیاریکراودا (کوانتایز) بن. ئەلیکترۆن تەنها دەکرێت بە دەردانی بوخچە یان کوانتەمێکی وزەی کارۆموگناتیسی (فۆتۆنێک)، دابکەوێت بۆ نزیکترین سوورگە، کە بڕەکەی یەکسانە بە جیاوازیی وزەی نێوان ٢ سوورگەکە. بە پێچەوانەشەوە، ئەو تەنها دەکرێت بە هەڵمژینی فۆتۆنێک بە وزەی گونجاوەوە باز بدات بۆ سوورگەیەکی بەرزتر.

ڕێگەیەک بۆ بەرجەستەکردنی ئەم جیاوازییە لە نێوان تیۆریی کوانتەمی و میکانیکی و شرۆڤەی ئەوەی بۆچی ئەلیکترۆن تەنها دەکرێت لە هەندێک سوورگەی دیاریکراو لە ناو ئەتۆمدا بێت، بەراوردکردنە بەو نۆتانەی کە لە گیتار یان ڤیالۆنەوە دەردەچێت. کاتێک ڤیالۆنیستێک نۆتێک لێ دەدات، ئەو پەنجەی دەخاتە سەر شوێنێک لەسەر ژێیەکە و بەم شێوەیە درێژیی ژێیەکە کورت دەکاتەوە و کاتێک بۆوەکەی بەسەردا دەخشێنرێت، لەرەلەر دەکات. ژێی کورتتر لە لەرەلەری بەرزتردا دەلەرێتەوە (ژمارەیەکی زۆر لەرینەوە لە چرکەدا)، هەروەها ژێی درێژتر بە لەرەلەری نزمتر دەلەرێتەوە (چەند لەرەلەرێک لە چرکەدا) بۆ دروستکردنی نۆتەی نزمتر.

پێش ئەوەی بچینە سەر ئەوەی پێویستمان پێیەتی، چەند وشەیەک سەبارەت بە یەکێک لە بنچینەییترین لایەنەکانی میکانیکیی کوانتەمی

باس دەکەین، ئەویش ڕێگەیەکە کە لەرەلەر (Frequency) و وزە پێکەوە گرێ دراون (لە ڕاستیدا نزیکایەتییەکە لە هاوکێشەیەکدا پێکەوە پێچراونەتەوە کە یەکەم جار لە ساڵی ۱۹۰۰دا ماکسویل پێشنیازی کرد کە بە شێوەی E=hv دەنووسرێت کە لەودا E وزەیە، v بریتییە لە لەرەلەر و h ناسراوە بە نەگۆڕی پلانک. لەم هاوکێشەیەوە دەبینیت کە وزە ڕاستەوخۆ گرێ دراوە بە لەرەلەرەوە). ئێمە لە بەشی پێشتردا بینیمان چۆن تەنۆلکە نیمچەئەتۆمییەکان تایبەتمەندیی شەپۆلییان هەیە، کە واتای ئەوەیە وەک شەپۆل بڵاو دەبنەوە، ئەوان هەم درێژەشەپۆلیان هەیە، هەم لەرەلەری لەرینەوە، کە پەیوەندیی بەوەوە هەیە. لەرینەوەی یان لەرانەوە خێراکان هەمیشە وزەیان زۆر بەرزترە لە لەرینەوە نزمەکان- بیر لە مەشینی جلوشککردنەوە بکەرەوە کە دەبێت خێراتر بسووڕێتەوە بۆ ئەوەی وزەی پێویست بۆ دەرهێنانی ئاو لە جلەکان دەستەبەر بکات.

بگەڕێوە بۆ ڤیالۆنەکەمان. گرێی نۆتەکان (لەرەلەری لەرینەوەکان) دەکرێت بە شێوەی بەردەوام بگۆڕرێت، کە بەندە لەسەر درێژیی ژێیەکان لە نێوان سەری وەستێنراو و پەنجەی ڤیالینیستەکە. ئەمە هاوتای شەپۆلی کلاسیکییە کە دەکرێت هەر درێژەشەپۆلێکی هەبێت (مەودای نێوان بەرزییە پشتەسەریەکەکان). هەر بۆیە ئێمە پێناسەی ڤیالۆن وەک ئامێرێکی کلاسیکی دەکەین- نەک لە باری موزیکیی کلاسیکی، بەڵکو لە باری فیزیای کلاسیکیی ناکوانتەمیدا. هەڵبەت ئەمەیە هۆی ئەوەی قورسە بە باشی ڤیالۆن لێ بدەین، چونکە موزیسییەنەکە دەبێت بە وردی بزانێت بۆ ئەوەی نۆتەی دروست ببێت، پەنجەی لە کوێ دابنێت.

بەڵام بەدەنەی گیتار جیاوازە، ئەو هەندێک چەمانەوەی بەپێی مەودای درێژی هەیە- هەندێک بەرزبوونەوەی بچووک لەسەر بەدەنەکە، بەڵام ژێیەکانی لێی ناکەون. هەر بۆیە کاتێک گیتاریست پەنجەی لەسەر ژێیەکە دادەنێت، پاڵی پێوە دەنێت بۆ خوارەوە و

لێکەوتن دروست دەکات بەبێ ئەوەی پەنجەکە کۆتایی بۆ ژێیەکە دیاری بکات. کاتێک ژێیەکە لێی دەدرێت، دەنگی زیل و بەمی نۆتە بەرهەمهاتووەکان کە بە هۆی لەرینەوەی ژێیەکانەوە دروست دەبێت، تەنها لە نێوان پرد و چەماوەکاندایە. ژمارەی سنووردراوی فرێتەکان واتای ئەوەیە تەنها ژمارەیەک نۆتەی دیاریکراو لە گیتارەوە دەردەچێت. ڕێکخستنی پەنجە لە نێوان ٢ بەرزی کاتێک ژێیەکان دەلەرێنرێنەوە نۆتەکە ناگۆڕرێت، بەم شێوەیە گیتار لە ئامێری کوانتەمی دەچێت. چونکە بەپێی تیۆریی کوانتەمی، لەرەلەر و وزە پێکەوە گرێ دراون، لەرینەوەی ژێی گیتار دەبێت وزەکەی بە شێوەی پچڕ پچڕ بێت نەک بە شێوەی بەردەوام. بە هاوشێوەیی، تەنۆلکە بنچینەییەکانی وەک ئەلیکترۆنەکان تەنها دەکرێت پەیوەندیدار بن بە هەندێک لەرەلەری شەپۆلی دیاریکراوەوە، هەر کام لەوان پەیوەندیدارە بە ئاستی وزەی نابەردەوامی خۆیەوە. کاتێک ئەو لە دۆخێکی وزەی خۆیەوە باز دەدات بۆ ئەوی تر، دەبێت تیشکێک هەڵبمژێت هاوڕێژە لەگەڵ جیاوازیی وزەی نێوان ئەو ٢ ئاستەی کە لە یەکێکیانەوە بازی داوە و لەوی تریان گیرساوەتەوە.

لە ناوەڕاستی ساڵانی ١٩٢٠دا، بۆر کە ئێستا گەڕابووەوە بۆ کۆپنهاگن، یەکێک بوو لەو چەند فیزیاییە ئەورووپییە، کە بە توندی کاری لەسەر تیۆرییەکی ماتماتیکیی تەواو و هاوبار بۆ شرۆڤەی ئەوەی لە جیهانی نیمچەئەتۆمیدا لەئارادایە. یەکێک لە درەوشاوەترینەکانی ئەم گرووپە گەنجێکی بلیمەتی ئەڵمانی بوو، بە ناوی وێرنەر هایزەنبێرگ. لە کاتێکدا لە هاوینی ساڵی ١٩٢٥دا بە هۆی نەخۆشیی تای وێنجە پەنای بردبوو بۆ دوورگەی هیلیگۆلەند (Heligoland) بۆ ئەوەی چارەسەر ببێت، پێشکەوتنێکی سەرەکی لە داڕشتنی ماتماتیکێکی نوێ کە پێویست بوو بۆ شرۆڤەی جیهانی ئەتۆمی، هێنایە ئاراوە. بەڵام هەرچەندە ئەوە ماتماتیکێکی سەیر بوو، ئەو شتانەی سەبارەت بە ئەتۆمەکان بە ئێمەی دەگوت سەیرتر بوو.

بۆ نموونه هـایزەنبێرگ بەڵگەی دەهێنـاوە کە ناکرێت بە وردی بڵێین ئەلیکترۆنـی ئەتۆمێک لە کوێدایە ئەگەر نەیپێوین، بەڵام ئەلیکتـرۆنەکە خـۆی شـوێنێکی پێناســەکراوی نیـیە، چـونکە بە ڕێگەیەکـی لێـڵ و نەناسراو بڵاو دەبێتەوە.

هـایزەنبێرگ ناچـار بـوو بگـات بەو ئەنجـامەی کە جیهـانی ئەتـۆمی بـریتییە لە شــوێنێکی خێـوەکی و خەیـاڵی کە تەنهـا کاتێـک بـوونی دەردەکەوێت، ئـامێرێکی پێـوان کـارلێکی لەگەڵ بکـات. ئەمە پرۆسـەی پێوانی کوانتەمییە کە ئێمە لە بەشـی پێشـوو بە کورتی باسـمان کـرد. هایزەنبێرگ پیشانی دا ئەم پرۆسەیە تەنها ئەو لایەنانە دەردەخات کە بە دیاریکراوی بۆ پێوان دیزاین کراون- وەک ئامێرە تاکەکان لەسـەر داشــبۆردی ئوتۆمبیلێـک کە تەنهـا زانیـاریی سـەبارەت بە یەکێـک لە لایەنەکـانی کـرداری ئوتـۆمبیلەکە پێشـکەش دەکـات، بـۆ نمـوونە وەک خێرایی، ئەو مەودایەی بڕیویەتی یـان پلەی گەرمیـی بزوێنەرەکە. بەم شـێوەیە ئـێمە دەکرێـت تـاقیکردنەوەیەک دابمەزرێـنین بـۆ دیـاریکردنی وردی شــوێنی ئەلیکترۆنێـک لە هەمــان کاتـدا؛ دەکرێـت ئامێرێـک بـۆ پێوانی خێرایی هەمـان ئەلیکتـرۆن دیـزاین بکرێت. بەڵام هـایزنبێرگ بە شـێوەی ماتمـاتیکی پیشـانی دا مـومکین نیـیە، تـاقیکردنەوەیەکی تاقـانە دیـــزاین بکەیـــن کە لەودا دەکرێـــت بە دروســـتی بەو شـــێوەیەی دەمانەوێت، هەردووی شوێن و خێرایی ئەلیکتـرۆنەکە هاوکـات دیـاری بکەین. لە ساڵی ١٩٢٧دا ئەم چەمکە لە پرەنسیپی بەناوبانگی نادڵنیـایی هایزەنبێرگ پێشکەش کرا، کە لەو کـاتەوە هەزاران جـار لە تاقیگەکـانی سەرانســەری جیهــان تــاقی کــراوەتەوە. ئەمە یەکــێکە لە گرنگتــرین ئایــدیاکانی هەمــوو زانســـت و یەکــێکە لە بنچیــنە ســـەرەکییەکانی میکانیکیی کوانتەمی.

لە جـانیوەریی ١٩٢٦دا، هەر ئەو کـاتەی کە هـایزنبێرگ ئایـدیاکانی پەرە پـێ دەدا، فیزیـایی نەمسـاوی ئێـروین شـرۆدینگێر (Erwin Schrödinger) باسـێکی زانسـتیی بـڵاو کـردەوە، کە وێنەیەکـی بە

تەواوەتـــی جیـــاوازی ســـەبارەت بە ئەتـــۆم دەدا بە دەســـتەوە. ئەو هاوکێشـــەیەکی ماتمـــاتیکیی پەرە پـــێ دابـــوو، کە ئێســـتا ناســـراو بە هاوکێشـــەی شـــرۆدینگێر (Schrödinger equation)، کە نە تەنهـا شـــرۆڤەی جـــووڵەی ئەلیکترۆنیـــی دەکـــرد، بەڵکـــو شـــرۆڤەی چـــۆنێتیی پەرەســـەندنی شەپۆلەکەشـــی دەکـــرد. ئەو پێشـــنیازی کـــرد لەجیـــاتیی ئەوەی ئەلیکترۆن تەنۆلکەیەکی لێڵ لە نـاو ئەتۆمدا بێت، بە شـوێنێکی نەناسراوەوە لە سـوورِگەکەی بە دەوری ناوکدا، شـەپۆلێکە کە بە نـاو ناوکدا بـڵاو دەبێتەوە. بە پێچەوانەی هـایزەنبێرگ، کە بـڕوای وابـوو مومکین نییە وێنەی ئەلیکترۆنێک پێش پێوانی هەبێت، شـرۆدینگێر وای بە باش زانی وا بیر بکاتەوە کاتێک ئێمە سـەیری نـاکەین، شـەپۆلێکی فیزیـــایی ڕاســـتەقینەیە و کاتێـــک ســـەیری دەکەیـــن دادەڕمێـــت (collapses- ئەم پرۆســـەیە هەنـدێک جـار پێـی دەگوترێـت داڕمـانی نەخشەشەپۆل و لە کتێبە ستاندەرە مودێرنەکان وا بە بـاش دەزانرێت بگوترێت شرۆڤەی ماتمـاتیکیی ئەلیکتـرۆن لەجیاتیی داڕمـانی فیزیـایی شەپۆلی ڕاستەقینە) بۆ تەنۆلکەیەکی تەنها. ڤێرژنەکەی ئەو بۆ تیۆریی ئەتـۆمی ناســـراوە بە میکـانیکیی شـــەپۆلی و هاوکێشـــە بەناوبـانگەی، شـرۆڤەی ئەوە دەکـات چۆن ئەم شـەپۆلە لە کاتـدا پەرە دەسـێنێت. لە ئەمـڕۆدا ئـێمە هەر ٢ شـــرۆڤەی هـــایزەنبێرگ و شـــرۆدینگێر وەک ٢ ڕێگەی جیاوازی ماتماتیکی بۆ دەربڕینی میکانیکیی کوانتەمی دەناسین و هەردووکیان ڕاستن، هەڵبەت هەر کام بە ڕێگەی خۆی.

نەخشەشەپۆلی شرۆدینگێر

کاتێک دەمانەوێت جـووڵەی تەنەکـانی ڕۆژانەمـان شـرۆڤە بکەیـن، وەک گوللەتۆپ، شەمەندەفەری هەڵم یان هەسارەکان، کە هەر کامیـان پێـک هـاتوون لە چەنـدین تریلیـۆن تەنـۆلکە، بـۆ شـیکاری پرسـەکان کۆمەڵەیەک هاوکێشەی ماتماتیکی بە کـار دەهێنین کە دەگەڕێتەوە بۆ کارەکانی نیوتن. بەڵام ئەگەر ئەو سیسـتەمەی ئێمە شـرۆڤەی دەکەیـن

له ناوچەی جیهانی کوانتەمیدا بێت، ناچارین هاوکێشەکەی شرۆدینگێر بە کار بهێنین. لێرەدا جیاوازییەکی قووڵ لە نێوان ٢ ڕێگەکەدا هەیە، بۆ جیهانە نیوتنییەکەمان شیکاریی هاوکێشەکەی جووڵە بریتییە لە ژمارەیەک یان کۆمەڵەیەک ژمارە، کە بە وردی شوێنی تەنەکە لە کاتێکدا دەدات بە دەستەوە. لە جیهانی کوانتەمیدا، چارەسەری هاوکێشەی شرۆدینگێر بریتییە لە هێندەیەک بە ناوی نەخشەشەپۆل (Wave function)، کە شوێنەکەمان بە وردی پێ ناڵێت، بۆ نموونە لە فلان کاتدا ڕێک شوێنەکەی ئەوەیە، لەجیاتیی ئەوە کۆمەڵەیەکی تەواو لە ژمارەکان دەدات بە دەستەوە کە بریتین لە ئەگەری بوونی ئەلیکترۆنێک لە شوێنە جۆراجۆرەکانی فەزا، ئەگەر بمانەوێت بۆی بگەڕێین.

هەڵبەت یەکەم کاردانەوەت دەبێت ئەمە بێت: ئەمە بە ڕادەی پێویست گونجاو نییە؛ لەوانەیە زانیارییەکان لەسەر ئەلیکترۆن تەواو نەبێت. تۆ دەتەوێت ڕێک بزانیت تەنۆلکەکە لە کوێیە. بەڵام بە پێچەوانەی تەنێکی کلاسیکی کە هەمیشە شوێنێکی دیاریکراو لە فەزادا داگیر دەکات، ئەلیکترۆن دەکرێت هاوکات لە چەند شوێندا بێت تا ئەو کاتەی پێوانی لەسەر ئەنجام دەدرێت. شەپۆلی کوانتەمی بە فەزادا بڵاو دەبێتەوە- واتای ئەوەیە تۆ بڵێیت لە شرۆڤەی ئەلیکترۆنێکدا، ئێمە باشترە وەک کۆمەڵێک ژمارە کە ئەگەری دۆزینەوە تەنها لە یەک شوێندا نییە، بەڵکو هاوکات لە هەموو شوێنێکدا هەیە. بە هەرحاڵ، گرنگە تێبگەین کە ئەم ئەگەرە کوانتەمییانە پیشاندەری کەمبوونی مەعریفەمان نین تا هەوڵ بدەین زانیاریی زیاتر بدۆزینەوە؛ لەجیاتیی ئەوە ئەوان پیشاندەری لایەنێکی بنەڕەتیی جیهانی سروشتی لە سکێڵی میکرۆسکۆپیدان.

وێنای دزێکی خشڵ و زێڕ بکە کە بەڵێنی شەرەفی داوە کاتێک لە زیندان بەرببێت، خووەکەی تەرک بکات، بەڵام بە خێرایی دەچێتەوە سەر هەمان خوو و دەست دەکاتەوە بە بڕینی ماڵی خەڵک لە هەموو

شارەکەدا. بە لێکۆڵینەوە لە نەخشـەیەک، پۆلیس دەتوانێت ڕێچکەکەی بە نزیکەیی لەو کاتەوە لە بەندیخانە بەربووە، هەڵبگرێت، هەرچەندە بە وردی نـازانن لە فـلانە کاتـدا ڕێـک لە کویێ بـووە، ئەوان دەتـوانن ئەگەری ئەوە بـدۆزنەوە کە دزیـی شـەوانی دواتـری لە کـام نـاوچە دەکات.

لە سـەرەتادا، هەمـوو ئەو خـانوانەی نـزیکن لە زینـدانەکە لە مەترسـیدان، بەڵام لەگەڵ تێپەڕبـوونی کـات نـاوچە مەترسـیدارەکە فراوانتر و فراوانتر دەبێت. بە زانینی ئەو شتانەی ئەو پێشتر دزیونی، پـۆلیس توانـای ئەوەی دەبێـت بە دڵنیـاییەوە بڵێـت نـاوچە دەوڵەمەنـدەکان، بە خشـڵی زۆرتـرەوە لەچـاو نـاوچە هەژارەکـان مەترسیی زیاتریان لەسەرە. ئەمە هەستپێکراو و ڕاستەقینە نییە، تەنها کۆمەڵێک ژمارەی ئینتیزاعییە، کە دەکرێت بە شوێنە جۆراجۆرەکانی شار بدرێت. بە ڕێگەیەکی هاوشێوە، نەخشەشـەپۆل لەو خاڵەوە بڵاو دەبێـتەوە کە سـەرەتا بینرابـوو. هەژمـارکردنی بەهـای ئەم نەخشەشەپۆلە لە شوێنە جیاوازەکان و کاتە جیاوازەکان ئەو هەلەمان دەداتـێ کە ئەگەری ئەوە هەژمـار بکەیـن کە دواتـر خـۆی لە کـوێ پیشان دەدات.

ئێسـتا چـی دەبێت ئەگەر پـۆلیس بتوانێت دزە نیشـانەکراوەکە لە کاتێکـدا لە پەنـجەرەیەکەوە دەخـزێتە دەرەوە و تەلیسـێک لەسـەر شـانیەتی؟ بە خێرایـی، بڵاوبـوونەی ئەگەرەکـان کە شـرۆڤەی شـوێنی دزەکە دەکات دادەڕووخێتە یەک شوێن و ئیتر لە هـیچ شـوێنێکی تـردا نیـیە. بەم شـێوەیە ئەگەر ئەلیکتـرۆن لە شـوێنێکدا هەسـتی پـێ کـرا، نەخشەشـەپۆلەکەی بە خێرایـی دەگۆڕرێـت. لە کـاتی هەسـتپێکردن ئەگەری ئەوەی لە هەر شوێنێکی تر بدۆزرێتەوە، ٥٠.

بە هەرحـاڵ – ئەم بەراوردکـردنە دەڕووخێـت – پـێش ئەوەی پـۆلیس بیگرێـت، تەنهـا دەکـرا ئەگەرێکـی بە نزیکەیـی لەسـەر شـوێن دزەکە دابنێین. ئەوان دەزانن ئەمە تەنها بە هـۆی کەمیی زانیـارییەوە.

دوای هەموو ئەمانە دەبێت بزانین دزەکە بە ڕاستی خۆی بە هەموو شاردا بڵاو ناکاتەوە، بەڵام پۆلیس ناچارە وای دابنێت لە هەموو شوێنێک هەیە، لە کاتێکدا لە ڕاستیدا ئەو لە یەک کاتدا تەنها لە یەک شوێندا هەیە. بەڵام لە بەراوردێکی ورد لەگەڵ دزەی شەو، ئێمە ناتوانین شوێنپێی جووڵەی ئەلیکترۆن دیاری بکەین. ناکرێت گریمانەی وا بکەین ئەوە لە هەندێک شوێن لە هەندێک کاتی تایبەتدا هەیە.

لەجیاتیی ئەوە، ئێمە ناچارین وا شرۆڤەی بکەین نەخشەشەپۆلە، کە لە یەک کاتدا لە هەموو شوێنێکدا هەیە. تەنها بە سەیرکردنی کردەکی (ئەنجامدانی پێوان) دەکرێت ناچاری بکەین ئەلیکترۆن لە شوێنێکدا جێگیر ببێت. لە دەوروبەری ١٩٢٧دا بە هۆی هەوڵەکانی هایزەنبێرگ، شرۆدینگێر و ماتماتیکزانەکانی تر بنچینەی ماتماتیکیی پێویست بۆ میکانیکیی کوانتەمی تەواو بوو. لە ئەمڕۆدا ئەوان بنچینەی فیزیا و کیمیا دروست دەکەن و وێنەیەکی تەواو لە یەکە دروستکەرەکانی هەموو گەردوون دەدەن بە دەستەوە. لە ڕاستیدا بەبێ لێکدانەوەی میکانیکیی کوانتەمی بۆ ئەوەی چۆن شتەکان لەگەڵ یەکتریدا دەگونجێن، زۆربەی تەکنەلۆجیای ئەمڕۆمان نامومکین دەبوو. هەر بۆیە لە کۆتایی سالانی ١٩٢٠دا، لەژێر ورووژانی دواین سەرکەوتنەکانی جیهانی کوانتەمی، چەندین زانای پێشڕەوی کوانتەم لە تاقیگەکانی فیزیادا هەوڵیان دا ناوچەیەکی نوێ داگیر بکەن: زیندەناسی.

زیندەناسە کوانتەمییە سەرەتاییەکان

لە سالانی ١٩٢٠دا، ژیان هێشتا نهێنی بوو. هەرچەندە لە سەدەی ١٩دا بایۆکیمیاییەکان پێشکەوتنی زۆریان لە تێگەیشتنی میکانیکیی کیمیای ژیان دروست کرد، زۆر لە زانایان درێژەپێدەری پرەنسیپی ڤیتالیستەکان بوون کە زیندەناسی ناکرێت ورد بکرێتەوە بۆ کیمیا و فیزیا، بەڵکو پێویستە کۆمەڵە یاسایەکی تایبەت بە خۆی هەبێت.

پرۆتۆپلاسمی ناو خانه زیندووەکان بریتی بوو له فۆرمێکی نهێناویی ماده، که به هۆی هەندێک هێزی نەناسراوەوە دەجوولا و نهێنیی بۆماوەیی تا گەشەسەندنی زانستی جینێتیک هەر لەئارادا بوو.

بەلام لەو سالانەدا جۆرێکی نوێ له زانستکار هاتنه ئاراوە، که ناسراون به ئۆرگانیستیکەکان، که هەر ٢ ئایدیای ڤیتالیستەکان و میکانیستیکەکانیان ڕەت دەکردەوە. ئەم زانستکارانه ئەوەیان پەسەند کردبوو که شتێکی نهێنی سەبارەت به زانست لەئارادایە، بەلام وایان دانابوو نهێنییەکه دەکرێت له پرەنسیپدا به یاساکانی فیزیا و کیمیا که هێشتا نەدۆزراوەتەوە شی بکرێتەوە. یەکێک له گەورەترین لایەنگرەکانی جوولەی ئۆرگانیکی، نەمساوییەکی تر به ناوی لودویگ ڤۆن بیرتالانفی (Ludwig von Bertalanffy) بوو، که هەندێک وتاری سەرەتایی سەبارەت به تیۆرییەکانی پەرەسەندنی زیندەناسی نووسیی و پێویستیی بوونی هەندێک پرەنسیپی نوێی زیندەناسیی بۆ شرۆڤەی زاتیی ژیان له کتێبەکەیدا له سالی ١٩٢٨دا، تیۆریی قەیرانی مۆرفۆجینیس (Theorie der Formbildung Kritische)، پێشکەش کرد. ئایدیاکانی و به تایبەتی کتێبەکەی، کاریگەریی لەسەر زۆر له زاناکان دانا، له ناو ئەواندا یەکێک له پێشڕەوانی فیزیای کوانتەم به ناوی پاسکوان جۆردەن (Pascual Jordan) هەبوو.

پاسکوال جۆردەن له هانۆڤەر له دایک بوو و له لای یەکێک له دامەزرێنەرانی میکانیکیی کوانتەمی ماکس بۆرن (Max Born) (ئەمە هەمان ماکس بۆرنه که یەکەم پەیوەندیی له نێوان نەخشەشەپۆلی شرۆدینگێر و ئەگەرەکانی له میکانیکیی کوانتەمیدا دروست کرد) خوێندی له گوتینگین له ئەلمانیا خوێندنی تەواو کرد. له سالی ١٩٢٥دا جۆردەن و بۆرن وتارێکی زانستیی کلاسیکییان، سەبارەت به میکانیکیی کوانتەمی (On quantum mechanics) بلاو کردەوە. سالێکی تر بەشی دووەمی له لایەن هەرسێی جۆردن و بۆرن و هایزەنبێرگەوە بلاو کرایەوە. که ناسراوە به وتاری زانستیی ٣

پیـاوەکە (*Dreimännerwerks* “three-man paper)، کە وا لەبەرچـاو دەگیرێـت یەکـێکە لەو کـارە کلاسـیکیانەی میکـانیکی کوانتەمی، کە هـایزەنبێرگی بـرد بەرەو کـارە ڕچەشـکێنەکەی و بـردی بەرەو پەرەپێدانی ڕێگەیەکی ماتمـاتیکیی جـوان بـۆ شـرۆڤەی جیهـانی ئەتۆمی.

سالّی دواتر، جۆردەن وەک هەمـوو لاوێکی فیزیـایی متمـانەبەخۆی ئەو سـەردەمە، کـارێکی ئەنجـام دا کە ئەم بەخـتەی بـۆ بکـرێتەوە: ئەو کاتەکەی لە کۆپنهاگن و بە کارکردن لەگەڵ نیلس بۆردا بەڕێ کـرد. لە سـالّی ١٩٢٩دا ئەوان هەنـدێک جـار قسـەیان لەسـەر ئەوە دەکـرد، ئایـا دەکرێـت میکـانیکیی کـوانتەمی بەکارهێنـانی لە بـواری زیندەناسـیدا هەبێت. پاسکوال جۆردەن گەڕایەوە بۆ ئەڵمانیا و پۆستێکی لە زانکـۆی ڕۆسـتۆک وەرگـرت، لەوێـوە بـۆ مـاوەی ٢ سـاڵ پەیوەندییەکەی خـۆی لەگەڵ بـۆردا سـەبارەت بە پەیوەنـدیی نێـوان فیزیـا و زیندەناسـی هێشـتەوە. ئایـدیاکانی لە یەکەم پەیـپەری زانسـتی لەسـەر بـایۆلۆجیی کـوانتەمی، لەژێـر ناونیشـانی میکـانیکیی کـوانتەمی و پرسـە بنچینەییەکانی زیندەناسـی و دەروونـاسـی، گەیشـت بە لوتکە[٤].

نووسـراوەکانی جۆردەن هەڵگری چەنـدین تێڕوانینە سـەبارەت بە دیاردەی ژیان. بە هەرحاڵ، بۆچوونەکانی بە خێرایـی بـوو بە سیاسـی و بوو بە هاوئاڕاستە لەگەڵ ئایدۆلۆژیای نازییەکان، تەنانەت گوتی کە چەمکـی تـاکە پێشـەوای دیکتـاتۆر (Führer) یـان ڕێبەر، پرەنسـیپێکی سەرەکیی ژیانە.

ئـێمە دەزانـین لە نـاو باکتریاییەکانـدا، لە نـاو ژمـارەیەکی زۆر پێکهاتەی مۆلکیولی ئەم بوونەوەرە ژمارەیەکی تایبەت لە مۆلکیولەکان توانایی حوکمڕانیی دیکتاتۆرییان بەسـەر هەمـوو زینـدەوەرەکەدا هەیە؛ ئەوانە پێشڕەوایەتییەک (Steuerungszentrum) بۆ خانەی زیندوو

---

[4] Die Quantenmechanik und die Grundprobleme der Biologie und Psychologie *Die Naturwissenschaften*, vol. 20 (1932), pp. 815–21.

دروست دەکەن. هەڵمژینی هەر کوانتەمێکی ڕووناکی لە دەرەوەی پێشڕەو، دەکرێت خانەکە بکوژێت، ڕێک وەک چۆن نەتەوەیەکی گەورە دەکرێت هەڵبوەشێت کاتێک سەربازێک دەکوژرێت. بەڵام هەڵمژینی کوانتەمیی ڕووناکی لە پێشڕەوەکانی خانەکە، دەکرێت ببێت بە هۆی مردن و هەڵوەشانەوەی هەموو ئۆرگانیزمەکە. هاوشێوەی ئەوەی.بە ڕێگەیەکی سەرکەوتوانە کردەوەیەک بە دژی سیاسەتمەدارێکی پێشڕەو بکرێت. ئەم هەوڵە بۆ هێنانی ئایدۆلۆژیای نازی بۆ ناو بایۆلۆجی هەم سەرنجڕاکێشە، هەم جێگەی داخە. بەڵام لە ناو ئەمەدا ئایدیایەکی وردی بنچینەیی هەیە، کە جۆردەن ناوی نابوو تیۆریی فراوانسازی (amplification theory). جۆردەن ئاماژەی بەوە کردبوو کە تەنە بێگیانەکان لەژێر فەرمانڕەوایی تێکڕای جووڵەی هەڕەمەکیی ملیۆنەها تەنۆلکەن، هاوشێوەی جووڵەی مۆلکیولێکی تەنها کاریگەریی لەسەر تەنەکە وەک گشتێک نابێت. بەڵام ئەو هۆکار دەهێنێتەوە، کە ژیان جیاوازە، چونکە ئەو لە لایەن ژمارەیەکی کەم مۆلکیول لە فەرماندەییەوە، دەسەڵاتێکی دیکتاتۆرییان هەیە، وەک ئەو ڕووداوە کوانتەمییانەی، بۆ نموونە پرەنسیپی نادڵنیایی هایزەنبێرگ، کە فەرمانڕەوایی لەسەر جووڵەکان دەکەن، دەسەڵاتیان بۆ هەموو ئۆرگانیزمەکە دەگوازنەوە[5].

ئەمە تێڕوانینێکی زۆر سەرنجڕاکێشە و یەکێکە لەوانەی کە بۆی دەگەڕێینەوە، بەڵام ئەمە لەو کاتەدا پەرەی پێ نەدرا و زۆر کاریگەریی نەبوو، چونکە دوای شکستی ئەڵمان لە ساڵی ١٩٤٥دا، جۆردەنی نازی، سیاسەت بە تەواوەتی وەلا نا و ئایدیاکانی لە زیندەناسیی کوانتەمیدا، گرنگیی پێ نەدرا. هۆگرانی تری بوارەکانی زیندەناسی و فیزیای کوانتەم بە هۆی ڕووداوەکانی دوای جەنگ و

[5] Pascual Jordan, 1938, quoted in P. Galison, M. Gordin and D. Kaiser, eds., *Quantum Mechanics: Science and Society* (London: Routledge, 2002), p. 346.

شۆکی بۆمبی ناوکی، بەملاولادا بڵاو بوونەوە و ڕوویان لە پرسی زۆر باوتر دەکرد.

بەڵام بڵێسەی زیندەناسیی کوانتەمی بە داگیرساوی لە لایەن داهێنەری میکانیکیی کوانتەمیی شەپۆلییەوە هێڵرایەوە، واتە لە لایەن ئێروین شرۆدینگێرەوە.

لە ڕۆژە تاریکەکانی جەنگی جیهانیی دووەمدا، ئەو لە نەمسا ڕای کرد - ژنەکەی بەپێی یاسای نازییەکان بە نائاریایی دادەنرا - و لە ئایرلەند گیرسایەوە، لەوێ لە ساڵی ١٩٤٤دا ئەو کتێبەکەی لەژێر ناونیشانی پرسیاری "ژیان چییە؟" بڵاو کردەوە و تێڕوانینێکی نوێی بۆ زیندەناسی پێشکەش کرد، کە وەک ناوەندی بواری زیندەناسیی کوانتەمی ئەم کتێبە ماوەتەوە. ئەو تێڕوانینە پێش ئەوەی ئەم بەشە مێژووییە کۆتایی پێ بهێنین، زیاتر لەسەری دەڕۆین.

هەموو شتێک بەندە لەسەر ڕێکوپێکی

ئەو پرسەی کە شرۆدینگێری سەرسام کردبوو، نهێنیی پرۆسەی بۆماوە بوو. تۆ ئێستا لەوانەیە ئاگادار بیت لە نیوەی یەکەمی سەدەی ٢٠ زانایان دەیانزانی کە جینەکان لە نەوەیەکەوە بۆ نەوەیەکی تر دەگوازرێنەوە، بەڵام نەیاندەزانی جینەکان لە چی دروست بوونە و چۆن ئەو کارە دەکەن. شرۆدینگێر سەری سوورمابوو کە ئەمانە چی یاساگەلێکن، کە بۆماوەیی بەم وردییە بەرزییەوە ئامادە دەکەن؟ بە واتایەکی تر، چۆن دەکرێت کۆپیی جینەکان لە نەوەیەکەوە بۆ نەوەیەکی تر بەبێ گۆڕان بگوازرێنەوە؟

شرۆدینگێر دەیزانی کە یاسای شیاو بۆ شرۆڤەکردن و دووبارەکردنەوە دروستەکانی کیمیا و فیزیای کلاسیک، وەک ئەوانەی سێرمۆداینامیک، کە لە جووڵەی هەڕەمەکیی ئەتۆمەکان و مۆڵکیوڵەکانەوە دێن و لە ڕاستیدا یاسا ئامارییەکانن، بەو واتایەی کە تەنها بە شێوەی تێکڕا دروستن، متمانەپێکراون، چونکە ژمارەیەکی

زۆر تەنـۆلکەی کـارلێککەر لە خـۆ دەگرێـت. بە گەڕانەوە بـۆ مێـزە بیلیاردەکەمـان، دەبینـین کە جـووڵەی تـۆپێکی تەنیـا بە تەواوەتـی پێشبینینەکراوە، بەڵام بە هێنانی تۆپی زۆر و لێدانی بە هەڕەمەکی، بۆ نمـوونە لە مـاوەی ١ سـەعاتدا دەبینـین زۆرترینیـان دەگەن بە سـەبەتەکە. سـێرمۆداینامیک بەم شـێوەیە کـار دەکـات: ئەو بـڕیتییە لە تێکڕای ڕەفتاری ژمارەیەکی زۆر مۆلکیول کە شـیاوی پێشـبینییە، نەک ڕەفتاری تاک مۆلکیولەکان. شرۆدینگێر ئاماژەی بە یاسـا ئامارییەکان کرد، وەک ئەوانەی سـێرمۆداینامیک، بە چاوپۆشـی لە سـێرمۆداینامیک شرۆڤەی ئەو سیستەمانە دەکات کە پێک هاتوون تەنها لە ژمـارەیەکی کەمتەنۆلکە.

بـۆ نمـوونە یاسـاکانی گـازی شـرۆڤەکراو لە لایەن ڕۆبێـرت بۆیـل (Robert Boyle) و جاکوس چارلز (Jacques Charles) لە ٣٠٠ سـاڵ لەوەوپـێش لەبەرچـاو بگـرە. ئەوان شـرۆڤەی دەکەن چـۆن قەبارەی گاز لە ناو باڵۆنێک کاتێک گەرم دەبێت، دەکشـێت و بچووک دەبێتەوە. ئەم ڕەفتـارە دەکرێـت لە فۆرمـولێکی سـادەی ماتماتیـک بە ناوی یاسای گازی ئایدیاڵ (Ideal gas law) پێشـکەش بکرێـت (ئەم یاسـایە لەم هاوکێشـەیەدا پیشـان دەدرێـت PV=nRT کە لێـرەدا n بـڕیتییە لە بـڕی گازەکـان لە نـاو نمـوونەکەدا، R بـڕیتییە لە نەگـۆڕیی گازی گەردوونی، P بڕیتییە لە پەستان، V بڕیتییە لە قەبارەی گـازەکە و T بـڕیتییە لە پلەی گەرمـی) بـاڵۆنەکە بە ڕێکوپێکی ملکەچـی ئەم یاسایەیە: ئەگەر گەرمی بکەیت دەکشێت، ئەگەر ساردی بکەیتەوە گرژ دەبێـت. ئەو ملکەچـی ئەم یاسـایەیە سـەرەڕای ئەو ڕاسـتییەی کە پـڕ کرابێت لە چەند تریلیـۆن مۆلکیـول کە بە شـێوەی تـاک و هاوشـێوەی تـۆپە نارێکوپێکەکـانی بیلیـارد بە شـێوەی هەڕەمەکـی دەجـووڵێن، دەکەون لە یەکتـری و هەڵـدەخزێنەوە و دەکەون لە دیوارەکـانی نـاوەوەی بـاڵۆنەکە. ئایـا چـۆن جـووڵەی نارێکوپێـک یاسـای ڕێکوپێـک دروست دەکات؟

کاتێک باڵۆنەکە گەرم دەبێت، مۆلکیولەکانی هەوا خێراتر دەبن کە بە دڵنیاییەوە بە هێزێکی تۆزێک زیاترەوە دەکەون لە یەکتر و دیوارەکانی باڵۆنەکە. هێزە زیادەکە پەستانی زیاتر دەخاتە سەر پێستە ئیلاستیکییەکەی باڵۆنەکە (وەک جوولەی دارەکە لەسەر مێزە بیلیاردەکەی بۆلتزمان) و دەیکشێنێت. بڕی کشانەکە بەندە لەسەر ئەوەی چەندێک گەرمای پێ دەدرێت و بە تەواوەتی شیاوی پێشبینییە و بە وردی بە هۆی یاساکانی گازەوە شرۆڤە دەکرێت. خاڵی گرنگ بریتییە لەوەی کە تەنێکی وەک باڵۆن بە وردی ملکەچی یاسای گازەکەیە، چونکە جوولەی بەردەوامی کشانی ڕووبەرە جیرەکە لە جوولەی ناڕێکوپێکی ژمارەیەکی زۆر تەنۆلکەوە دێت، ئەمە شرۆدینگێری هان دا ڕێکوپێکی لە ناڕێکوپێکییەوە باس بکات.

شرۆدینگێر بەڵگە دەهێنێتەوە کە ئەمە تەنها یاساکانی گاز نییە کە دروستییەکەیان لە تایبەتمەندیی ئاماریی ژمارەیەکی زۆرەوە دێت؛ هەموو یاساکانی فیزیای کلاسیک و کیمیا- بە یاساکانی فەرمانڕەوا لەسەر داینامیکیی شلگازەکان یان کاردانەوە کیمیاییەکان، بەندن لەسەر ئەم ژمارە تێکڕا گەورەیە یان پرەنسیپی ڕێکوپێکیی ناڕێکوپێکییەوە.

بەڵام هەرچەندە باڵۆنێکی قەبارە ئاسایی، پڕکراو بە چەندین تریلیۆن مۆلکیولی هەوا هەمیشە ملکەچی یاساکانی گازە، باڵۆنێکی مایکرۆسکۆپی کە تەنها ژمارەیەکی کەم مۆلکیولی هەوای تێدایە، وا نییە. چونکە تەنانەت لە پلەی گەرمایی نەگۆڕدا، ئەم ژمارە کەمەی مۆلکیول بە شێوەی هەڕەمەکی لە هەموو ئاراستەیەکدا دەجوولێن، دەبن بە هۆی ئەوەی باڵۆنەکە بکشێت. بە هاوشێوەیی مۆلکیولەکان بە شێوەی هەڕەمەکی بەرەو ناوەوەش دەجوولێن. ڕەفتاری باڵۆنێکی بچووک بە شێوەیەکی بەرچاو نەشیاو بۆ پێشبینیکردنە.

پەیوەندیی نەزم و پێشبینیکردن لە ژمارەیەکی زۆر نموونەکانی تری ژیان بۆ ئێمە زۆر ئاشنایە. بۆ نموونە ئەمەریکاییەکان زۆر

زیاتر لە کەنەداییەکان یاریی بەیسبۆڵ دەکەن، لە لایەکی ترەوە کەنەدییەکان زۆر زیاتر لە ئەمەریکییەکان یاریی هۆکی دەکەن. لەسەر بنچینەی ئەم یاسا ئامارییانە، کەسێک دەکرێت پێشبینیی زیاتر سەبارەت بە هەر وڵاتێک بکات. بۆ نموونە ئەمەریکا زۆرتر لە کەنەدا بەیسبۆڵ دەهێنێتە وڵاتەکەی و کەنەدا داری هۆکیی زیاتر لە ئەمەریکا. بەڵام ئەم یاسا ئامارییانە پێشبینیکراون کاتێک بۆ هەموو وڵاتەکان بە کار دێن کە ژمارەی دانیشتوان چەند ملیۆن کەسە، بەڵام بە دروستی ناتوانن پێشبینیی بکەن کاتێک بازرگانییەکە بۆ شارێکی بچووک ئەنجام دەدرێت. تۆ بڵێی بۆ مینەسوتا یان ساسکاتچیوان.

ئەوەی شرۆدینگەر دەیڵێت، زیاتر لە بینینێکی سادەیە کە یاسا ئامارییەکانی فیزیای کلاسیک ناکرێت بەپێی ئەوان لە ئاستی میکرۆسکۆپیدا پێشبینیی بکەن: ئەو پێوەری بۆ لادان لە ڕاستی دانا، هەژماری کرد کە بڕی لادان لە یاساکان گرێدراوە بە پێچەوانەی ڕەگی ژمارەی تەنۆلکەکان. هەر بۆیە کاتێک باڵۆنێک هەڵگری تریلیۆنێک (ملیۆن ملیۆن) تەنۆلکەیە، لادانەکەی لە ڕەفتاری یاسای گازەکان تەنها ١ لە ملیۆنە. بە هەرحاڵ، بۆ باڵۆنێک کە تەنها ١٠٠ تەنۆلکەی تێدایە، ئەم لادانە لە ڕەفتاری ئاسایی دەبێت بە ١ لەسەر ١٠. هەرچەندە وەها باڵۆنێک هێشتا بە هۆی گەرماوە دەکشێت و بە هۆی سەرماوە گرژ دەبێت، بەڵام بەپێی یاسایەکی دیاریکراو نییە. هەموو یاسا ئامارییەکانی فیزیای کلاسیک لە چوارچێوەی ئەم سنوورداریییەدان: ئەوان بۆ تەنێک کە پێک هاتووە لە ژمارەیەکی زۆر تەنۆلکە، ڕاستن، بەڵام کاتێک بۆ ڕەفتاری ئەو تەنانە بە کار دەهێنرێت کە هەڵگری ژمارەیەکی کەم تەنۆلکەن، تووشی شکست دەبن. هەر بۆیە هەر شتێک کە بەندە لەسەر یاسا کلاسیکییەکان، بۆ ڕاستبوون و ڕێکوپێکی پێویستە لە ژمارەیەکی زۆر تەنۆلکە پێک هاتبێت.

بەڵام سەبارەت بە ژیان چی؟ ئایا دەکرێت ڕەفتارە ڕێکوپێکەکان وەک یاساکانی بۆماوەیی بە یاسا ئامارییەکان ڕوون بکرێتەوە؟

کاتێـک شـرۆدینگێر ئەم پرسـیارە هـاتە نـاو سـەری، گەیشـت بەو ئەنجامەی کە پرەنسیپی ڕێکوپێکی لە نـاڕێکوپێکییەوە کە فەرمـانڕەوایە لەسەر سێرمۆدایـنامیک، ناکرێت فەرمانڕەوا بێت لەسەر ژیـان- چونکە ئەو بـڕوای وابـوو لانـیکەم بەشـێک لە مەشـینە بـایۆلۆجییە زۆر وردەکـان زۆر بچـووکتر لەوەن لەژێـر فەرمـانڕەوایی یاسـا کلاسیکییەکاندا بن.

بـۆ نمـوونە لە کـاتی نووسـینەکەی شـرۆدینگێر (ژیـان چییـە؟) - کاتێـک کە وا دەزانـرا بۆمـاوەیی بە جینەکـان دەگـوازرێنەوە، بەڵام سروشـتی جینەکـان نەزانـراو و نهێنـی بـوو - ئەو پرسـیارێکی سـادە دەکـات: ئایـا جینەکـان هێنـدە گەورە هەن کە خۆدووپاتکردنەوەیـان بە دروسـتی لە یاسـا ئامارییەکـانی "ڕێکـوپێکی (نەزم) لە نـاڕێکوپێکییەوە (بێنەزمـی)" بـدۆزرێتەوە؟ ئەو گەیشـت بە ئەنجامێـک بـۆ قەبـارەی جینێکـی تەنهـا کە گەورەتـر بـوو لە قـاپێکی ٣٠٠ ئانگسـترۆمی (ئانگسترۆم یەکسانە بە 0.0000001 میلیمەتر). وەها قاپێک هەڵگری نـزیکەی یەک میلیـۆن ئەتـۆمە، کە لەوانەیە وا دەربکەوێت زۆرە، بەڵام ڕەگی دووەمی میلیۆن ١٠٠٠ە، هەر بۆیە ئاستی نادروسـتی یـان نۆیز لە بۆمـاوەدا، دەبێـت لە قەبـارەی ١٠٠٠دا بێـت یـان ٠,١%. هەر بـۆیە بۆمـاوە ئەگەر بەنـد بێـت لەسـەر یاسـاکانی ئامـاری یـان کلاسـیکی، کەوابـوو دەبێـت هەڵە لە ئاسـتی ١ لە ١٠٠٠ دروسـت بکـات (لادان لە یاسـاکان). ئەوە زانرابـوو کە ئەگەر جینەکـان بە شـێوەی ڕاسـت و دروست بگوازرێنەوە، هێشتا نرخی بازدان (هەڵە) کەمترە لە ١ لەسـەر ١ میلیارد. ئەم پلە بەرزە دڵنیاییە نائاساییە شرۆدینگێری هێنایە سـەر ئەو بـڕوایەی کە یاسـاکانی بۆمـاوە ناکرێـت لە "ڕێکـوپێکی لە ناڕێکوپێکییەوە"ی یاسای کلاسیکییەوە هەڵبهێنجێنرێت. لەجیاتیی ئەوە پێشـنیازی کـرد کە جینەکـان زۆر هاوشـێوەی ئەتـۆمە تاکەکـان یـان مۆڵکیوڵەکـان بێـت، کە بـابەتی ناکلاسـیکین، بەڵام ڕێسـا ڕێکوپێـک و سـەیرەکانی زانسـت یـارمەتیی ئەوی دا تـا میکـانیکیی کـوانتەمی

بدۆزێتەوە. شرۆدینگێر پێشنیازی کرد کە بۆماوەیی بەند بێت لەسەر پرەنسیپی نوێی "ڕێکوپێکی لە ڕێکوپێکی"یەوە.

ئەو سەرەتا تیۆرییەکەی لە زنجیرەیەک وانە لە کۆلێژی ترینتی لە دوبلین لە ساڵی ١٩٤٣دا پێشکەش کرد و ساڵی دواتر بە ناوی ژیان چییە؟ (What is life?) بڵاوی کردەوە، لەودا ئەو نووسیی: "ئۆرگانیزمە زیندووەکان لەوە دەچێت سیستەمێکی ماکرۆسکۆپی بن، کە لە هەندێک لە بەشەکانی ڕەفتاریان نزیک دەبنەوە بە... کە هەموو سیستەمێک بۆی دەچێت، کاتێک پلەی گەرمی دەڕوات بەرەو ٠ی ڕەها ناڕێکوپێکی نامێنێت. بەم هۆکارانەیە لە ٠ی ڕەها خێرا ئێمە یاساکانما لە سێرمۆدینامیکەوە دەگۆڕین بۆ کوانتەم. ژیان، بەو شێوەی شرۆدینگێر باسی دەکرد، دیاردەیەکی ئاستی کوانتەمییە کە توانای ئەوەی هەیە لە ئاسماندا بفڕێت، لەسەر ٢ پێ بڕوات، لە زەریادا مەلە بکات و لە ناو خۆڵدا گەشە بکات یان لە ڕاستیدا ئەم کتێبە بخوێنێتەوە."

سەیرەکی

بە دوای بڵاوبوونەوە کتێبەکەی شرۆدینگێردا، دەبینین لوولپێچی دوانیی DNA دەدوزرێتەوە و بواری بایۆلۆجیی مۆلکیولی، وەک دیسپلینێک کە بەبێ ئاماژەدان بە دیاردە کوانتەمییەکان پەرەی زۆری سەند، هاتە ئاراوە. بەکلۆنکردنی جین (کۆپیکردن - Gene cloning)، ئەندازیاریی جینێتیک، جێپەنجەی جینۆم (genome fingerprinting) و زنجیرەی جینۆم لە لایەن زیندەناسەکانەوە پەرەی سەند، ئەوان بە گشتی پاساویان بۆ ناوەڕۆکەکان دەهێنایەوە بەبێ ئەوەی خۆیان لە قەرەی تەنگەژە ماتماتیکییەکانی جیهانی کوانتەم بدەن. هەڵمەتێکی جاروبار بۆ سنووری نێوان بایۆلۆجی و میکانیکیی کوانتەمی لەئارادا بوو. بە هەرحاڵ، زۆرترینی زانایان گوتە گرنگەکانی شرۆدینگێریان لە بیر نەمابوو. زۆر کەس تەنانەت بە

ڕوونـی دوژمنایەتییـان دەکـرد کە ئایـدیای میکـانیکیی کـوانتەمی بـۆ شرۆڤەی ژیان بە کار بهێنرێت. بۆ نموونە لە سـاڵی ۱۹٦۲دا کیمیایی بەریتـانی و زانـای بـواری تێگەیشـتن، کریسـتۆفێر لانگویـت - هـایگین(Christopher Longuet-Higgins) ئـاوا دەنووسێت: "مـن هەنـدێک گەنگەشـەم چەنـد سـاڵ لەوەوپـێش سـەبارەت بە ئەگەری دروستبوونی ژیان لە ڕێنجی درێژی هێزەکانی میکانیکیی کوانتەمی لە نێوان ئەنزیمەکان (enzyme) و جەوهەرەکانیان (substrate)، گوێ لـێ بـووە. بە هەرحـاڵ، ئەو بۆچـوونە ڕاسـتە کە دەبێـت وەهـا گریمـانەیەک بە وردی بەرپەرچ بـدرێتەوە، نە تەنهـا بە هـۆی ئەوەی بەڵـگە تاقیگەییەکـانی لاوازە، بەڵکـو بە هـۆی ئەو کێشـە گەورە هزرییـانەی کە لەگەڵ تیـۆریی گشـتیی هێـزە نێـوان مۆلکیولییەکانـدا هەیەتی."[٦]

تەنـانەت لە سـاڵی ۱۹۹۳دا لە کۆنفرانسـی ژیـان چییە؟ ٥٠ سـاڵ دوای بڵاوبوونەوەی گومانەکـان سـەبارەت بە داهـاتووی زیندەناسـی، کە بـریتییە لە کۆمەڵەوتـارێکی زانسـتی کە لە دانیشـتنێکی زانکـۆی دوبلن، بە بۆنەی ٥٠ ساڵەمین ساڵیادی سمینارەکەی شرۆدینگێر، زۆر بە کەمـی باسـی کـوانتەم کـراوە[٧]. زۆربەی دوودڵییەکـان لەسـەر گوتەکـانی شـرۆدینگێر دەگەڕایەوە بـۆ ئەوەی کە دۆخە کـوانتەمییە هەسـتیارەکان لەوانە بـوو نەکرێـت لە ناوەنـدە مۆلکیـولییە گەرم و قەرەباڵغەکانی زیندەوەرێکدا ڕزگاری ببێت. وەک ئێمە لە دواین بەشـدا باسمان کردووە، ئەمە بریتی بوو لەو هۆکارە سـەرەکییەی کە زۆر لە زاناکانی ئەوکات (و ئێستاش) زۆر گومانیان هەیە کە جەمسەرنماکەی

---

6 H. C. Longuet-Higgins, "Quantum mechanics and biology," Biophysical Journal, vol. 2)1962 ,(pp. 207–15

7 M. P. Murphy and L. A. J. O' Neil, eds., *What Is Life? The Next Fifty Years: Speculations on the Future of Biology* (Cambridge: Cambridge University Press, 1995)

باڵندەی ئاڤیان ناکرێت لەژێر فەرمانڕەوایی میکانیکیی کوانتەمیدا بێت. تۆ لەوانەیە بە بیرت بێتەوە کە کاتێک لە بەشی ١دا قسەمان لەسەر ئەوە کرد کە تایبەتمەندیی کوانتەمیی مادە بە هۆی ڕێکخستنی هەرەمەکیی مۆلکیولەکان لە ناو تەنە گەورەکاندا دەسڕێتەوە. بە تیۆرەوانینە سێرمۆداینامیکییەکەمان، ئێستا دەزانین سەرچاوەی ئەم بڵاوبوونەوە و تیاچوونە چییە: ئەوان مۆلکیولی هەڵبەزی تۆپە بیلیاردن کە شرۆدینگێر وەک سەرچاوەی یاسا ئامارییەکانی "ڕێکوپێکی لە ناڕێکوپێکی"یەوە دای دەنا. تەنۆلکە بڵاوبووەکان دەکرێت بۆ دەرخستنی نهێنییە کوانتەمییەکانی قووڵایی ڕێک بخرێن، بەڵام تەنها بەپێی شێوازێکی تایبەتی و تەنها بە کورتی. بۆ نموونە ئێمە دەبینین چۆن سپینە (بادراوی) بڵاوبووەکانی ناوکی هایدرۆجین لە ناو لەشماندا دەکرێت بە هێڵ بکرێن بۆ ئەوەی نیشانەیەکی هاوباری MRI لە تایبەتمەندییە کوانتەمییەکەی سپینەوە دەربخرێت- بەڵام تەنها بە بەکارهێنانی بوارێکی موگناتیسیی بەهێز، کە لە لایەن مەگنەتیکی بەهێز و گەورەوە ئامادە کرێت و تەنها بۆ کاتێکە هێزە موگناتیسییەکە پارێزراوە: هەر کە بوارە موگناتیسەکە کوژایەوە، تەنۆلکەکان بە شێوەی هەرەمەکی و بە هۆی هەڵبەزودابەزی مۆلکیولی ڕێکخستنەکەیان تێک دەچێت و نیشانە کوانتەمییەکە بڵاو دەبێتەوە و نەشیاوە بۆ هەستپێکردن. ئەم پرۆسەیە کە لەودا جووڵەی هەرەمەکیی مۆلکیولی دەبێت بە هۆی ئەوەی سیستەمە کوانتەمییەکە ڕێکخستنەکەی لە ناو بچێت، ناسراوە بە داباری (decoherence) و بە خێرایی کاریگەرییە سەیرە کوانتەمییەکان لە تەنە گەورە نازیندووەکاندا دەسڕێتەوە.

بەرزکردنەوەی پلەی گەرمیی تەنێک وزەکەی بەرز دەکاتەوە و خێرایی هەڵبەزودابەزی مۆلکیولی بەرز دەبێتەوە، هەر بۆیە داباری لە پلەی گەرمیی زۆر بەرزتردا ڕوو دەدات. بەڵام وا مەزانە کە بەرزتر بە واتای داخە (Hot)، لە ڕاستییدا تەنانەت لە پلەی گەرمیی ژووردا

داباری ڕوو دەدات. ئەمەیە بۆ چییەتیی ئەو ئایدیایەی کە لە تەنە زیندووە گەرمەکاندا دۆخە کوانتەمییە وردەکان پارێزراو نابن. تەنها کاتێک تەنەکان سارد دەبنەوە بۆ نزیک ٠ی ڕەها - پلەی گەرمیی - 273^0c جوولە مۆلکیولییەکان بە شێوەیەک دەبن کە پارێزراون لە داباری و هەلی دەرکەوتنی میکانیکیی کوانتەمی دەڕەخسێت. واتای ڕستەکەی شرۆدینگێر کە لە سەرەوە دەرکەوت، ڕوونتر دەبێتەوە. فیزیاییەکان لایان وایە ژیان لە شوێنێکدا دەردەکەوێت کە بە شێوەی ئاسایی 273^0 ساردترە، واتە لە هەر بوونەوەرێکی زیندوو.

بەڵام وەک چۆن هەردووی شرۆدینگێر و جۆردان هۆکار دەهێننەوە و هەروەها دەکرێت ببینیت ئەگەر بیخوێنیتەوە، ژیان جیاوازە لە تەنە بێگیانەکان، چونکە بە شێوەی ڕێژەیی ژمارەیەکی بچووک تەنۆلکەی ڕێکوپێک بوو بە پلەی بەرزەوە، هاوشێوەی ئەوانەی ناو جینێک یان جەمسەرنمای باڵندەکەن، دەکرێت جیاوازییەک بۆ گیاندارەکە وەک گشتێک دروست بکات. ئەمە بوو جۆردان ناوی نابوو بەهێزکردن (amplification) و شرۆدینگێر ناوی نابوو ڕێکوپێکی لە ڕێکوپێکییەوە، ڕەنگی چاوەکانت، ڕوخساری لووتت، لایەنەکانی کەسێتیت، ئاستی زیرەکیت و تەنانەت مەیل بۆ تووشبوون بە نەخۆشی، لە ڕاستییدا بە وردی لە لایەن ٤٦ سوپەرمۆلکیولەوە دیاری دەکرێن: کرۆمۆزۆمەکانی DNA کە تۆ لە باوانتەوە پێت دەگات. هیچ تەنێکی نازیندووی ماکرۆسکۆپی کە لە گەردوونی ناسراودا هەڵگری ئەو هەستەیە بۆ وردەکاریی ڕێسای مادە لە وردترین ئاستدا- ئاستێک کە لەجیاتیی یاساکانی کلاسیک یاساکانی کوانتەم کار دەکەن هەڵگری ئەم تایبەتمەندییە نییە، وەک شرۆدینگێر دەڵێت، "ژیان زۆر تایبەتە". لە ساڵی ٢٠١٤دا، ٧٠ ساڵ دوای ئەوەی بۆ یەکەم جار شرۆدینگێر کتێبەکەی خۆی بڵاو کردەوە، ئێمە لە کۆتاییدا هاتووینەتە سەر هەڵسەنگاندنی وەڵامە نائاساییەکان بۆ ئەو پرسیارەی ئەو کردبووی: ژیان چییە؟

٣

بزوێنەرەکانی ژیان

"هەر شتێک کە بوونەوەری زیندوو ئەنجامی دەدات، دەکرێت بەپێی هەڵبەزودابەزی مۆلکیولەکان تێیبگەین."

ڕیچارد فاینمان[٨]

هاملێت: چەندێک درێژە دەکێشێت مرۆڤێکی خەوتوو لە ناو قەبر بڕزێت؟

قەبرکەن: ڕاستییەکەی ئەگەر پێش مردن نەڕزابێت، بە هۆی ئەوەی لەم سەردەمەدا زۆر لە سفلیسییەکان هەن کە بە زەحمەت تا کاتی ناشتن بەرگە دەگرن، هەیە ٨ بۆ ٩ ساڵێک بەرگە دەگرێت، بەڵام پێستخۆشکەرەکان ٩ ساڵ.

هاملێت: بۆچی پێستخۆشکەرەکان، نەک خەڵکی تر؟

قەبرکەن: چونکە گەورەم، پێستیان وەها لەم کارەدا خۆشە دەبێت، کە تا ماوەیەک ئاو دزەی تێناکات؛ ئاخر بۆ تەرمی پیس، هیچ شتێک خراپتر لە ئاو نییە.

ویلیام شەکسپیر، هاملێت

پەردەی ٥، شانۆی ١، حەوشەی کڵێسەیەک

---

[8] R. P. Feynman, R. B. Leighton and M. L. Sands, *The Feynman Lectures on Physics* (Reading, MA: Addison-Wesley, 1964), vol. 1, pp. 3–6

٦٨ میلیۆن ساڵ لەوەوپێش، لە سەردەمێکدا کە ئێستا ئێمە ناوی دەنێین کۆتایی کریتاسیۆس (Cretaceous)، دایناسوورێکی ڕیکس (Tyrannosaurus rex) ڕێگەکەی خۆی لە ناو دۆڵ و ڕووبارەکانی دارستانە گەرمەسێرییەکاندا دەکردەوە. تەمەنی نزیکەی ١٨ ساڵان بوو، هێشتا نەگەیشتبوو بە باڵغی، بەڵام باڵای بە نزیکەیی ٥ مەتر بوو. بە هەر هەنگاوێک دەینا، چەندین تەن گۆشتی بە وەها تەوژمێک بەملاولادا دەدا کە بەس بوو بۆ ئەوەی درەختەکان بشکێنێت یان هەر بوونەوەرێکی بەدبەخت بشێلێت و لەسەر ڕێگەکەی لای بدات. ئەو لەشەی ئەو دەتوانێت ئەو هەمووە هەڵبگرێت و ئەو هێزە گەورەیە بەرهەم بهێنێت، دەگەڕێتەوە بۆ ئەو ڕاستییەی کە هەموو ئێسک و چەق و ماسولکەیەک بە هۆی ڕیشاڵی پرۆتینێکەوە لە شوێنی خۆی ڕاگیراوە کە ناسراوە بە کۆلاجین (collagen). ئەم پرۆتینە وەک چەسپێک ماسولکەکان پێکەوە دەبەستێتەوە و بەشێکی بنچینەیی لەشی گیاندارانە بە خۆیشمانەوە. وەک هەموو زیندەمۆلکیولێک لە لایەن گرنگترین مەشینەکان لە گەردوونی ناسراودا دروست دەبن و تێک دەچن. چڕبوونەوەی ئێمە لەم بەشەدا لەسەر ئەوەیە چۆن ئەم نانۆمەشینە حەپسکراوانە کار دەکەن (مەبەست لە نانۆ ئەو ڕێسایانەیە لە سکێڵی نانۆمەتردان، یان ١ لەسەر ملیاردمی مەتر)؛ لێرەوە پشکنین بۆ دوایین دۆزینەوەکان دەکەین کە گێڕەکان و نوێڵەکان، واتە بزوێنەرەکانی ژیان قووڵ دەبنەوە بۆ جیهانی کوانتەمی کە ئێمە و هەر بوونەوەرێکی تر بە زیندوویی دەهێڵنەوە.

بەڵام با سەرەتا بگەڕێینەوە بۆ دۆڵەکەی سەردەمی دێرین. لەم ڕۆژە تایبەتەدا دایناسووری زەبەلاح، کە دروست بووە لە چەندین میلیۆن نانۆمەشین، لە کار کەوتووە، چونکە ئەندامەکانی کە لە ڕاوکردندا زۆر کاران و توانایی خۆیان سەلماندووە، بە هۆی چەقین لە ناوی قوڕی نەرمدا کاراییان لە دەست چووە، دوای چەندین

ســـەعات هەوڵ و تەقەلـــلا، شـــەویلگەی دایناســـوورە زەبەلاحەکە پـــڕ دەبێـــت لە گەڵاو و ئـــاژەڵەکە لە نـــاو قـــوڕدا ڕۆ دەچێـــت و بەرە بەرە ڕۆحـــی دەردەچێـــت. لە زۆربەی بارودۆخەکانـــدا گۆشـــتی ئـــاژەڵەکە تووشـــی هەمـــان پرۆســـە دەبێت کە تەرمـــی قەبرســـتانی قەبرکەنەکـــانی هاملێت تووشـــی دەبوو. بەڵام ئەم دایناســـوورە تاقانەیە بە شـــێوەیەک بە خێرایی لە قوڕەکەدا ڕۆ دەچێت و هەموو جەستەی لە نـــاو قوڕێکی چڕدا نغرۆ دەبێت، لەشـــی قوڕ و لـــم دەیپارێزێت. لە مـــاوەی ســـاڵان و ســـەدەکاندا لە کۆتاییـــدا ئەمـــلاحە وردەکـــان دەچێـــتە نـــاو کـــون و کەلەبەرەکـــانی گۆشـــت و ئێســـکەکانەوە و شـــانەکانی لەشـــی ئـــاژەڵەکە دەبێـــت بە بەرد: جەســـتەی دایناســـووری مردارەوەبـــوو دەبێـــت بە بەبەردبـــوو (Fossil). لە ســـەرەوە ڕووبـــارەکە لە چـــوون بەرەو خوارەوە بەردەوام دەبێت و بەردەوام تـــوێی لـــم و قوڕ و لیتە دەکـــات بە سەریدا، تا بەبەردبووەکە لە ژێر دەیان مەتر لم و گڵدا دفن دەبێت.

نـــزیکەی ٤٠ ملیـــۆن ســـاڵ دواتـــر کەشـــوهەوا گەرم دەبێـــت، ڕووبارەکـــان وشـــک دەبـــن. تـــوێیە بەردەکـــان بە هـــۆی جـــووڵەی بـــای بیابـــانەوەی ئێســـکە مردووەکـــان دەســـوێنن. ٢٨ ملیـــۆن ســـاڵ دواتـــر ئەنـــدامەکانی جـــۆرێکی تـــری دووپـــێ، واتە هۆمۆســـاپین (Homo sapiens)، بە نـــاو دۆڵـــی ڕووبـــارەکەدا تێپەڕین؛ ئەم لەمەیموونچـــووە قیـــت وەســـتاوانە بە زۆری خۆیـــان بە دوور دەگـــرت لەم نـــاوچە ناســـــازگارە. کاتێـــک لە ســـــەردەمی زۆر مـــــودێرنتر کـــۆچبەرە ئەورووپییەکان گەیشتن بەم ناوچە چۆڵەی نـــاوی ســـەر زەوییە، نـــاوە خۆشەکانی مۆنتانایان (Badlands of Montana) لێ نا و ڕووبارە وشکەکەیان ناو نا دۆڵی جەهەننەمی کریک (Hell Creek). لە ســـاڵی ٢٠٠٠دا تیمێکی مرۆڤی کۆنناس (palaeontologist) بە ڕێبەرایەتیی ناسراوترین ڕاوچیی بەبەردبووەکان، جاک هۆرنەر (Jack Horner) لەوێ هەواریان خست. یەکێک لە ئەندامەکانی گرووپەکە، باب هارمۆن

(Bob Harmon) لە کاتی خواردنی نانی نیوەڕۆدا ئێسکێکی گەورەی بینی کە ڕێک لە سەرووییەوە لە ناو بەردەکاندا قیت بووبووەوە.

لە ماوەی زیاتر لە ٣ ساڵدا نیوەی ئێسکەکانی گیاندارەکە بە وردی لە بەردەکانی دەوروبەر جیا کرانەوە - ئەرکێک کە بەشی ئەندازیاریی سوپا، هەلیکۆپتەرێک و ژمارەیەکی زۆر خوێندکاری خوێندنی باڵای بە خۆیەوە سەرقاڵ کردبوو - و گوازرایەوە بۆ مۆزەخانەی ڕۆکی لە بۆزمانی مۆنتانا و بە ناوی جۆری MOR-1125 دیزاین کرایەوە. ئێسکی ڕانی دایناسوورەکە بە ناچاری کرا بە ٢ کەرتەوە پێش ئەوەی بگوازرێتەوە بۆ هەلیکۆپتەرەکە، لە پرۆسەی گواستنەوەکەدا ئێسکێکی بەبەردبووەکە شکا. جەک هۆرنەر چەندین پارچەی دا بە هاوڕێیەکی دێرینەناسی بە ناوی دکتۆر ماری شوایتزەر لە زانکۆی ویلایەتی باکووری کارۆلینا، کە بە باشی شارەزای پێکهاتەی کیمیایی بەبەردبووەکانە.

کاتێک شوایتزەر قوتووەکەی کردەوە، تووشی سەرسووڕمان بوو. یەکەم پارچە کە ئەو سەیری کرد، وا دیار بوو کە شانەیەکی زۆر نائاسایی لە ناو کونەکانی خۆیدا هەڵگرتووە. ئەو ئێسکەکەی لە ناو حەمامێکی ترشەکاندا دانا، کە مادە بەردینەکان تێیدا شی دەبێتەوە بۆ ئەوەی ڕێسای ناوەوە دەربکەوێت. بە هەرحاڵ لە کاتی ئەم کارەدا بە ڕێکەوت بەبەردبووەکەی بۆ ماوەیەکی درێژ لە ناو ئاوێتە ترشەکەدا بەجێ هێشت، کاتێک گەڕایەوە، بینیی هەموو مادە بەردینەکە شی بووەتەوە. شوایتزەر چاوەڕوان بوو کە هەموو بەبەردبووەکە هەڵبوەشێتەوە، بەڵام ئەو و هاوڕێیەکانی تووشی سەرسووڕمان بوون کە بینییان مادە ڕیشاڵییە نەرمەکان وەک خۆیان ماونەتەوە، کە لە ژێر مایکرۆسکۆپدا وەک ئەو شانە ئێسکانە بوو کە لە ئێسکە نوێیەکاندا هەیە. هەروەک ئێسکە نوێیەکان ئەم شانانە پڕ بوون لە بۆریی خوێن، خانە خوێنییەکان و ئەو زنجیرە فایبەر کۆلاجینانە کە گیاندارێکی زیندوو بە یەکپارچەیی ڕادەگرێت.

ئەو بەبەردبوانەی کە پارێزگاری لە ڕێسای ئەم شانە نەرمانە دەکات، زۆر دەگمەنن و بە کەمی دەناسرێن. بەبەردبووەکانی بورگس شال (Burgess Shale) کە لە بەردە کەندییەکانی بریتیش کۆلۆمبیا لە سالانی نێوان ١٩١٠ - ١٩٢٥دا دۆزراوەتەوە، بە وردیی زۆرەوە باڵی ئەو گیاندرانەی کە لە دەریاکانی سەردەمی کامبریەندا لە نزیکەی ٦٠٠ ملیۆن ساڵ لەوەوپێش مەلەیان کردووە، پاراستووە. خشۆکەی باڵندەی پەڕدرای ئارشایۆپتیکس (archaeopteryx) لە کانی سۆلهۆفن (solnhofen quarry) لە ئەڵمانیا، کە ١٥٠ ملیۆن ساڵ لەوەوپێش دەژیا، نموونەیەکی ترە. بەڵام بەبەردبووی شانەی نەرمی ئاسایی تەنها وێنەی شوێنەواری شانە بایۆلۆجییەکە دەپارێزێت، نەک خودی مادەکە، لەگەڵ ئەوەشدا ئەو مادە نەرمەی لە حەمامە ترشەکەی ماری شوایتزەر مابووەوە، وا دەردەکەوت خودی شانە نەرمەکە بێت. کاتێک لە ساڵی ٢٠٠٧دا شوایتزەر دۆزینەوەکانی خۆی لە جۆرناڵی ساینسدا[9] بڵاو کردەوە، باسە زانستییەکەی لە سەرەتادا بەرەوڕووی سەرسووڕمان و گومانی زۆر بووەوە. بەڵام هەرچەندە مانەوەی بایۆمۆلکیولەکان بۆ ملیۆنەها ساڵ بە ڕاستی جێگەی سەرسووڕمان بوو، ئەوەی لە درێژەی ئەم چیرۆکەدا ڕووی دا بریتییە لە چڕبوونەوە لەسەر بابەتەکە. بۆ سەلماندنی ئەوەی ڕێسا ڕیشاڵییەکان بە ڕاستی لە کۆلاجین دروست بوونە، شوایتزەر سەرەتا شرۆڤەی ئەوەی کرد کە پرۆتینەکان کە لە کۆلاجینە مۆدێرنەکاندان هەر ئەوانەن کە لە ڕیشاڵی لکاو بە ئێسکە کۆنەکاندا هەن. لە هەڵسەنگاندنی کۆتاییدا ئەو شانەکانی بەدەستهاتوو لە دایناسوورەکەی لەگەڵ ئەنزیمێک بە ناوی کۆلاجیناسدا

[9] M. H. Schweitzer, Z. Suo, R. Avci, J. M. Asara, M. A. Allen, F. T. Arce and J. R. Horner, "Analyses of soft tissue from Tyrannosaurus rex suggest the presence of protein," Science, vol. 316: 5822 (2007), pp. 277–80.

(collagenase) تێکەڵ کرد، کە یەکێکە لە ژمارەیەکی زۆر مەشینی بایۆمۆلکیولی کە ڕیشاڵەکانی کۆلاجین لە جەستەی ئاژەڵاندا دروست دەکات و لە نـاوی دەبـات. لە مـاوەی چەنـد خولەکـدا، زنجیـرەی کۆلاجینی پارێزراو بۆ ماوەی ٦٨ ملیۆن ساڵ، شکا بۆ ئەوەی ببێت بە ئەنزیم.

ئەنزیمەکـان بـزوێنەری ژیـانن. لەوانەیە ناسـراوترینیان کە ئـێمە لە ژیـانی ڕۆژانەدا بە کـاری دەهێنـین، بریتـی بێـت لە پرۆتزەکـان (protease) کە دەکـرێنە نـاو پـاککەرەوە بایۆلۆجیکییەکـان کە یارمەتیـدەرە لە سـڕینەوەی پەڵەکـان، پیکتـاینس (pectinase) لە ئاومیوە زیاد دەکرێت و دەبێت بە شەراب، یان شیلاوک (rennet) لە شیر زیاد دەبێت بۆ ئەوەی دەڵەمە دروست بکات و ببێت بە پەنیر. هەروەهـا دەبێت سوپاسگوزاری ئەنزیمەکـانی نـاو گەدەمـان بـین کە ڕۆڵـی سـەرەکیی لە هەڵوەشـانەوی خواردنەکانـدا هەیە. بەڵام ئەمـانە نموونەی ئاسـایی لە کرداری نانۆمەشینەکانی نـاو سروشـتن. هەموو ژیان بەندە، یان بەند بوو لەسەر ئەنزیمەکان، لە یەکەم میکرۆبەوە کە لە شـۆربای سـەرەتاییەوە (primordial soup) دەردەکەوێـت تـا ایناسووڕەکان کە لە دارستانەکانی جوراسیکدا لاروولەنجەیان دەکرد و هەر بوونەوەرێکی زیندووی ئەمڕۆیی تر. هەموو خانەیەک لە نـاو لەشـدا پـڕ کـراوە بە سـەدان یـان تەنـانەت هەزارانـی ئەم مەشـینە مۆڵکیـولییە، کە یـارمەتیی دەدات پرۆسـەی خڕکردنەوە و نوێبـوونەوە زینـدەمۆڵکیولییەکان کە ئـێمە نـاوی دەنێین ژیـان و جـووڵە بەردەوام بێت.

لێردەا وشەی "یارمەتی" بریتییە لە وشەیەکی سەرەکی کە دیاریی دەکات ئەنزیمەکـان چـی بکەن: کارەکەیـان بـریتییە لە خێراکردنەوەی (catalyze) هەمـــوو ســـەرچاوەکانی کـــاردانەوە و کـــارلێکی زینـــدەبایۆمۆڵکیولی، کە بەبـێ ئەوان کـاردانەوە کیمیاییەکـان زۆر هێواش دەبێت، بەم شێوەیە ئەنزیمەکـانی پرۆتـز کە زیـاد دەکرێت لە

پاككەرەوەكـــان، دەبێــت بە هـــۆی ئەوەی پرۆتینەكـــانی پەڵە خێراتـــر بسـڕێتەوە. ئەنزیمەكـانی پیكتـین هەڵوەشـانەوەی پۆلیسـاكاریدەكان لە میـوەدا خێراتـر دەكـاتەوە و ئەنزیمـی شـیلاوک دەڵەمەبـوونی شـیر خێراتر دەكات. بە هاوشێوەیی، ئەنزیمەكان لە خانەكاندا زیندەچالاكی (میتابۆلیسم) خێراتر دەكەن: پرۆسەكە كە بە هۆیەوە چەندین تریلیۆن لە زینـدەمۆلكیولەكانی نـاو خانەكانمـان بە بەردەوامـی دەگـۆڕن بـۆ چەندین تریلیۆن زیندەمۆلكیولی تر بۆ بەردەوامیدان بە زیندوویەتی.

ئەنزیمـــــی كۆلاجینـــــاس كە مـــــاری شـــــوایتزەر لە ئێســــكی دایناسـووڕەكەی زیـادی كردبـوو، تەنهـا یەكێكە لەو بایۆمەشـینانە كە كارە ئاساییەكەی لە نـاو لەشـی گیانداراندا بریتییە لە هەڵوەشـانەوەی فایبەرەكانی كۆلاجین. نرخی خێرایی ئامادەكراو لە لایەن ئەنزیمەكەوە دەكرێـت بە نزیكەیـی بە بەراوردی كـاتی پێچـوو بـۆ هەڵوەشـانەوەی فایبەری كۆلاجین لە نەبوونیاندا (بە ڕوونی، زیاتر لە ٦٨ ملیۆن ساڵ) و لە بوونی ئەنزیمەكەدا (نزیكەی ٣٠ خولەک) خەمڵاندنی بۆ بكرێت: ڕێژەی جیاوازییەكە تریلیۆنییە.

لەم بەشەدا ئێمە پشكنین دەكەین بۆ ئەوەی بزانین چۆن ئەنزیمـی وەک كۆلاجینـــاس دەگـــات بەم تـــاوادانە زۆر بەرزە. یەكێـــک لە سەرسووڕمانەكانی ئەم ساڵانەی دوایی بریتییە لە دۆزینەوەی ئەوەی میكـــانیكی كـــوانتەمی لانـــیكەم ڕۆڵـــی ســـەرەكیی لە هەنـــدێک لەم ئەنزیمانەدا دەگێڕێت و چونكە ئەوان لە چەقی ژیاندان، لە زیندەناسـیی كوانتەمیدا یەكەم وێستگەمان دەبن.

ئەنزیمەكان: لە نێوان مەرگ و ژیاندا

بەكارهێنـانی ئەنزیمەكـان بە هەزاران سـاڵ زۆر پێش دۆزینـەوە و دیـاریكردنی سـیفەتەكانیان بـووە. چەنـدین هەزار سـاڵ لەوەوپـێش پێشینەكانمان ئاوی جۆ یان ترێیـان بە زیـادكردنی ترشـێنەر (Yeast) گـۆڕیی بـۆ بیـرە یـان شـەراب- ئەنـزیمە بـوخچەییە میكـرۆبییە

بنچینەییەکان (ترشێنەرەکان بریتین لە مشەخۆری تاکخانەیی). ئەوان دەیانزانی بە هۆی توێی گەدەی گوێرەکەوە (شیلاوک) گواستنەوەی شیر بۆ پەنیر خێراتر دەبێت. بۆ ماوەی سەدان ساڵ بڕوا وابوو کە ئەم گواستنەوەی تایبەتمەندییە بە هۆی هێزە ژیانییەکانی (vital forces) پەیوەندیدار بە ئۆرگانیزمە زیندووەکانەوە ئەنجام دەبێت. هەبوونی توانایی زیندوویەتی و خێرایی گۆڕان کە زیندوو جیا دەکاتەوە لە مردوو.

لە ساڵی ١٧٥٢دا لەژێر کاریگەریی فەلسەفەی میکانیکیی ڕێنە دیکارت (René Descartes) زانای فەڕەنسی ڕێنە ئانتۆنیو فرشاو دو ڕیمو (René Antoine Ferchault de Réaumur) بۆ هەڵسانگاندنی ئەم چالاکییە ژیانییە گریمانەکراوانەی هەرسکردن، تاقیکردنەوەیەکی بلیمەتانەی هێنایە ئاراوە. لەو کاتەدا بە گشتی باوەڕ وابوو کە گیاندارەکان خۆراکەکەیان بە ڕێگەی پرۆسەی میکانیکی هەزم دەکەن، بە وردکردن و ژەندن لە ناو ئەندامە هەرسکردنەکاندا. ئەم تیۆرییە لەوە دەچوو بۆ باڵندەکان ڕاست بێت کە جیکڵدانەکەیان هەندێک وردەبەردی بچووکی تێدایە کە وا بیر دەکرایەوە خۆراکی پێ هەرس دەکات- کردارێکی میکانیکی کە دەگونجا لەگەڵ تێڕوانینەکەی ڕێنە دێکارت (لە بەشی پێشوودا قسەی زۆر لەسەر کرا) گوایە گیانداران تەنها مەشینن. بەڵام دۆ ڕیومور بووبوو بە مەتەڵ بۆی کە چۆن باڵندە ڕاوچییەکان کە جیکەڵدانیان بەرییە لە بەرد، خواردنەکەیان هەرس دەکەن. هەر بۆیە ئەو بازە دەستەمۆکەی بە پارچەی گۆشت کە لە ناو کەپسوولێکی کانزای کونداردا بوو، تێر کرد، کاتێک کەپسوولەکانی هێنایە دەرەوە، بینیی کە گۆشتەکەی بە تەواوەتی هەزم بووە، هەرچەندە لە ناو کەپسوولی کانزادا پارێزراو بوو، هەر بۆیە هیچ کردارێکی میکانیکی کاری نەدەکردە سەری. نوێڵ و خلووکەکانی دێکارت بە ڕوونی لانیکەم بۆ یەکێک لە هێزەکانی ژیان بەس نەبوو.

سەدەیەک دوای کارەکەی دۆرامۆر، پیاوێکی فەرەنسیی تر، کیمیایی و دامەزرێنەری میکرۆبایۆجی، واتە لوی پاستۆر (Louis Pasteur) لێکۆڵینەوەی لەسەر گۆڕینێکی بایۆلۆجیکی تر دەکرد کە دەدرایە پاڵ هێزەکانی ژیان: گۆڕانی ئاوی ترێ بۆ شەراب. ئەو پیشانی دا کە پرەنسیپی گۆڕینی ترشاندنەکە دەگەڕێتەوە بۆ خانە زیندووەکانی ترشاندن کە لە ناو ئەو ترشێنەرەدا هەیە کە لە پیشەسازیی ترشاندندا بە کار دێت، یان لە هەویرترشی ناندا هەیە. وشەی ئەنزیم (بە یۆنانی ترشێنەر) لە لایەن دەروونناسی ئەڵمانی ویلهەم فریدریش کوهن لە ساڵی ١٨٧٧دا بۆ شرۆڤەی فاکتەری ئەم چالاکییە ژیانییانە داهێنرا، وەک ئەوەی لە لایەن خانە ترشێنەرە زیندووەکانەوە ئەنجام دەدرێت، یان لە ڕاستیدا هەر گۆڕینێک کە بە هۆی مادە وەرگیراوەکان لە شانەی زیندووەوە دێتە ئاراوە.

بەڵام ئەنزیمەکان چین و چۆن ئەوان بە خێرایی گۆڕان دروست دەکەن؟ با بگەڕێینەوە بۆ ئەو ئەنزیمەی کە باسەکەمان لەم بەشەدا بەوە دەستی پێ کرد، واتە کۆلاجیناس.

بۆچی ئێمە پێویستمان بە ئەنزیمە و چۆن سەرەمێکوتە کلکەکەی لە دەست دەدات؟

کۆلاجین فراوانترین پرۆتینە لە ئاژەڵەکاندا (بە مرۆڤیشەوە). ئەو وەک جۆرێک پەتی مۆلکیولی کار دەکات و شانەکانمان پێکەوە دەبەستێتەوە. وەک هەموو پرۆتینێک، پێک هاتووە لە خشتەکانی دروستکەری مادەی کیمیایی: ژێیەکانی ترشی ئامینۆ کە ٢٠ جۆرن و هەندێکیان بریتین لە گلسین، گلوتامین، لیسین، سیستین، تیرۆسین، لەوانەیە بۆ تۆ ئاشناتر بن، چونکە وەک تەواوکەری خۆراک لە فرۆشگەکانی خۆراکی تەندروستدا دەفرۆشرێن. هەر مۆلکیولێکی ترشی ئامینۆ دروست بووە لە نێوان ١٠ بۆ ٥٠ ئەتۆمی کاربۆن،

نیترۆجین، ئۆکسیجن، هایدرۆجین و هەندێک جار سولفور، کە بۆندی کیمیایی نێوانیان ڕوخساری سێڕەهەندیی دەداتێ.

چەند سەد دانە لەم مۆڵکیولە ترشەئامینۆ ڕوخسار لوولانە، بە توندی بۆ دروستکردنی پرۆتین پێکەوە دەبەسترێنەوە و پرۆتین دروست دەکەن، کە زۆرتر شێوەی ملوانکەیان هەیە. هەر کام لەم ملوانکانە دەبەسترێتەوە بەوەی نزیکی خۆی، بە ڕێگەی پیپتاید بۆندێک (peptide bond)، واتە ئەتۆمێکی کاربۆن لە ترشێکی ئامینۆدا دەبەسترێتەوە بە ئەتۆمێکی نیترۆجینی دراوسێیەوە. بۆندەکانی پیپتاید زۆر بەهێزن؛ دوای هەموو ئەمانە ئەوانە ڕیشاڵەکانی کۆلاجینی T.rex پێکەوە ڕادەگرن کە ٦٨ ملیۆن ساڵ پارێزراو دەبێت.

کۆلاجین پرۆتینێکی زۆر بەهێزی تایبەتە، کە ڕۆڵە گرنگەکەی بریتییە لەوەی وەک قایشێکی ناوەوەیی ڕوخسار و ڕێسای شانەکانمان ڕادەگرێت. پرۆتینەکان بە شێوەی شریتی سیانی لە یەکتری دەئاڵێن کە وەک گوریسێکی ئەستوور یان ڕیشاڵیان لێ دێت. ئەم ڕیشاڵانە بە ناو شانەکانماندا دەڕۆن تا خانەکانمان پێکەوە گرێ بدەن؛ ئەوان لە ناو ژێی ماسولکەکانیشدا (tendon) هەن کە ماسولکەکانمان دەبەستێتەوە بە ئێسکەکانمانەوە، هەروەها لە ناو بەستەرەکاندا (ligament) هەن کە ئێسک بە ئێسکەوە دەبەستێتەوە. ئەم تۆڕە چڕەی ڕیشاڵەکان ناوی ڕیزکراوی دەرەوەخانەیی (extracellular matrix) لێ نراوە و بە شێوەی بنچینەیی پێکەوە بەستراونەتەوە.

کەسێک کە ڕووەکخۆر نییە، ئاشنایەتی لەگەڵ ئەم ڕیزکراوە دەرەوەخانەییەدا هەیە، کە تۆ لەوانەیە لە خواردنێکی سۆسەجی ناخۆشدا یان لە پارچەیەک گۆشتی هەرزاندا ببینیت. چێشتلێنەرەکان ئاگاداری ئەوەن ئەم مادە بەستەرانە دوای چەندین سەعات کوڵان بە ئاسانی ناتوێنەوە. بە هەرحاڵ، ئەم شتە ناخۆشەی سەر مێزی نانخواردنی ڕێستورانەکە لە ناو لەشی خزمەتکارەکە زیندووەکەشدا

هەیە. بەبێ کۆلاجین، ئێسکەکانی ئێمە لێک جیا دەبنەوە، ماسولکەکانمان بەسەر ئێسکەکانمان بەردەبنەوە و ئەندامەکانی ناوەوەمان لە جۆری جێڵ دەبن.

بەڵام ڕیشاڵەکانی کۆلاجین کە لە ناو ئێسکەکانمان ماسولکەکان یان ژەمی خواردندا هەیە، هەڵناوەشێن. بە کوڵاندنیان لە ناو ترشی بەهێز یان ئەلکالی، سەرئەنجام بۆندەکانی پیپتاید لە نێوان ترشەکانی ئامینۆدا دەشکێنێت و ئەم ڕیشاڵە ئەستوورانە دەگۆڕێت بۆ جیلاتینی شیاو بۆ حەلبوون، مادەیەکی شێوە جێڵ کە بە کار دێت بۆ دروستکردنی مارشمالوو (marshmallows) و جێلی (جیلۆ لە ئەمەریکا). ئەوانەی حەزیان لە فیلمە لەوانەیە فیلمی (Stay Puft Marshmallow Man in *Ghostbusters*)یان بینیبێت کە لەودا شتە زەبەلاحە سپییەکان نیویۆرک دەتۆقێنن. بەڵام پیاوی مارشمالوو بە شیکردنەوەی لە ناو کریمی مارشمالوودا شکست دەدرێت. بۆندە پیپتایدەکان لە نێوان ملوانکەی ترشەکانی ئامینۆی ڕیشاڵەکانی کۆلاجین لە نێوان پیاوی مارشمالوو و دایناسووری ڕیکس جیاوازە. ڕیشاڵەکانی کۆلاجینی بەهێز ئاژەڵە ڕاستەقینەکان بەهێز دەکات.

بە هەرحاڵ، کاتێک مادەی پایەداری وەک کۆلاجین بە چوارچێوەی جەستەی ئاژەڵێک دادەنرێت، پرسێک دێتە ئاراوە. وای دابنێ کاتێک خوت دەبڕیت یان بریندار دەکەیت یاخود تەنانەت قوڵ یان پێت دەشکێت: شانەکان تێک دەچن و ڕیزکراوی دەرەوە خانەیی پشتیوانی ئەم تۆڕە ژێیەش دەشکێت یان زیان دەبینێت. ئەگەر خانوویەک بە هۆی تۆفان یان بوومەلەرزەوە برووخێت، بۆ چاککردنەوە دەبێت سەرەتا چوارچێوە ڕووخاوەکە چاک بکرێتەوە. بە هاوشێوەیی جەستەی ئاژەڵان ئەنزیمی کۆلاجین بۆ چاککردنەوەی بەشە تێکچووەکانی ڕیزکراوی دەرەوەی خانەیی بە کار دەهێنێت، بەم شێوەیە خانە دەکرێت چاک ببێتەوە- یان بە هۆی کۆمەڵەیەکی تر لە ئەنزیم.

تەنـــانەت زۆر بنچینەییتـــر ڕیزکـــراوی دەرەخـــانەیی ناچـــارە بە بەردەوامـی لەگەڵ گەشـەکردنی ئـاژەڵەکەدا خـۆی دروسـت بکـاتەوە: چوارچێوەی نـاوەوەیی کە منداڵێک ڕادەگرێت بۆ ڕاگرتنـی کەسـێکی زۆر گەورەتـر، بەس نیـیە. ئەم پرسـە بە تـایبەتی لە دووژیانییەکانـدا گـۆڕانی قەیـرانییە- و چارەسـەرەکەشـی سـەرنجڕاکێشـە. نمـونەی زۆر ئاشـنا شـێوەگۆڕانی (metamorphosis) دووژیانییەکـانە: گـۆڕین لە هێلکەیەکـی شـێوەگۆ بـۆ سـەرەمێکوتەیەکی کرمـی (wriggling tadpole) کە دوایـی دەبێـت بە بـۆقێکی تەواو. بەبەردبـووی ئەم دووژیانییە کورتەبنە بێکلکانە و بێگومـان قـاچ بەهێزانە لە بەردەکانی ژوراسـیکدا کە دەگەڕێـتەوە بـۆ سـەردەمی میزۆزیکـی ناوەڕاسـت، دۆزراوەتەوە، کە ناسـراوە بە سـەردەمی خشـۆکەکان. بەڵام دەکرێـت ئەوان لە بەردەکـانی سـەردەمی کریتاسیوسـیش بـدۆزرێنەوە. هەر بۆیە لەوانەیە ئەوان لەو ڕووبـارەی مۆنتانـا کە دایناسووری MOR 1255 لە کۆتایی تەمەنیدا سـەردانی کردووە مەلەیـان کردبێت. بەڵام بە پـێچەوانەی دایناسـوورەکان، بۆقەکـان توانییـان لە خاشـەبڕبوونە گەورەکەی کریتاسـیوس ڕزگاریـان ببێـت و لە گۆلکاوەکانمـان، ڕووبارەکـان و گۆلکاوەکانـدا ببینـرێن و ئەو هەلەیـان ڕەخسـاندووە تـا نەوەکـانی منداڵانی خوێندنگە و زاناکـان لێکۆڵینەوە لەسـەر چۆنێتیی گۆڕانی جەستەیان بکەن.

گـۆڕانی سـەرەمێکوتە بـۆ بـۆق کە هەڵگـری برێکـی بەرچـاو لە لەکارخسـتن و دووبـارە ڕوخسـار وەرگـرتنەوەیە، بـۆ نمـوونە کلکـی بـۆقەکە بەرە بەرە لە نـاو جەسـتەیدا هەڵـدەمژرێت و ماسـولکەکانی دەگۆڕێت بۆ دەسـت و ڕانـی نـوێی بـۆق. هەمـوو ئەمـانە ڕیزکـراوی دەرەوەخـانەیی بەنـد لەسـەر کـۆلاجین دەکـات بە پێویسـتی، کە پشـتگیریی گـۆڕانی ڕێسـای کلکداری گیانـدارەکە بە خێرایـی دەکـات، پێش ئەوەی قاچە نوێیەکە دروست ببێت. بەڵام وەبیرت بێتەوە دوای مـاوەی ٦٨ ملیـۆن سـاڵ لە ژێـر بەردەکـانی مۆنتانـا: ڕیشـاڵەکانی

کۆلاجین به ئاسانی ناشکێن. شێوەگۆڕانی بۆق ئەگەر شکانی کیمیایی کۆلاجین به پرۆسەی ناڕیانی بێت، کاتێکی زۆر دوورودرێژ دەبات. ڕوونه گیانداریک ناکرێت خۆی له ناو حەوزێک ترشی گەرمدا بکوڵێنێت، هەر بۆیە دەبێت ڕێگەیەکی نێوانگر بۆ تێکدانی ڕیشاڵەکانی کۆلاجین لەئارادا بێت. ئەمە ئەو شوێنەیە ئەنزیمی کۆلاجیناس دێتە ناوەوە.

بەڵام ئەم ئەنزیمانه چۆن کار دەکەن؟ تا کۆتاییەکانی سەدەی ١٩ ڤیتالیستەکان بڕوایان وابوو که چالاکیی ئەنزیمی به ڕێگەی هەندێک هێزی نهێناوییەوە ئەنجام دەدرێت. لەو ساڵەدا یەکێک له هاوکارەکانی کوهن، کیمیایی ئیدوارد بوشنەر (Eduard Buchner) ڕوونی کردەوە که خانه نازیندووەکانی هەوێن دەکرێت به وردی هەمان گۆڕانی کیمیایی دروست بکات که به خانه زیندووەکان دێتە ئاراوە. بوشنەر ڕۆیشت بۆ ئەوەی پێشنیارێکی شۆڕشگێڕانە بکات که هێزە زیندووەکان (vital force) هیچ نین جگە له فۆرمێک له کارلێکە کیمیاییەکان.

کاتالیستەکان (خێراکەرەوەکان) که کاردانەوە کیمیاییە ئاساییەکان خێرا دەکەنەوە، له سەدەی ١٩دا بۆ کیمیاییەکان ئاشنا بوون. له ڕاستیدا زۆر له پرۆسە کیمیاییەکان که شۆڕشی پیشەسازیی دروست کرد، له بنەڕەتدا بەندن لەسەر خێراکەرەوەکان. بۆ نموونه ترشی سولفوریک که شۆڕشی له هەر ٢ بواری پیشەسازی و کشتوکاڵدا دروست کرد، له کارگەکانی ستیل و ئاسن، له پیشەسازیی ڕستنوچنین و بۆ پەینی کیمیایی فۆسفاتی به کار دێت. ئەوان به هۆی پرۆسەیەکی کیمیاییەوە بەرهەم دێن که له دوانەئۆکسیدی سولفۆرەو (sulphur dioxide (SO_2)) و ئۆکسیجینەوە (کارلێککەرەکان) دەست پێ دەکات، هەردووکیان که کارلێک لەگەڵ ئاو دەکەن ترشی سۆلفۆریک (sulphuric acid (H_2SO_4)) دروست دەکەن. به هەرحاڵ، کاردانەوە کیمیاییەکە زۆر هێواشە و به کەڵکی بازرگانی

نایەت. بەڵام لە ساڵی ١٨٣١دا پیرگرین فیلیپ، کارخانەدارێکی سرکە لە بریستۆلی ئینگلتەرا، ڕێگەیەکی دۆزییەوە بۆ ئەوەی خێرای بکاتەوە ئەو دوانەئۆکسیدی سۆلفۆر و ئۆکسیجنی لە پالتنیۆمی (زێڕی سپی) گەرمەوە تێپەڕاند کە وەک خێراکەرەوە کار دەکات. خێراکەرەوە جیاوازە لە کارلێککەرەکان (ئەو مادە سەرەتاییانەی بەشداری لە کاردانەوەکەدا دەکەن) چونکە ئەوان یارمەتیی خێرابوونی پرۆسەکە دەدەن بەبێ ئەوەی ببن بە بەشێک لە پرۆسەکە یان ببن بە هۆی گۆڕانی. بوشنەر گەیشت بەو بڕوایە بڵێت ئەنزیمەکان لە پرەنسیپدا هیچ جیاوازییەکیان لەگەڵ ئەو خێراکەرەوە نائەندامییانەدا نییە کە بە هۆی فیلیپەوە دۆزراوەتەوە.

دەیان ساڵ تویژینەوەی بایۆکیمیایی دواتر بە بەرفراوانی پشتڕاستی تێڕوانینەکانی بوشنەری کردەوە. شیلاوکی (Rennet) بەرهەمهاتوو لە گەدەی گوێرەکە یەکەم ئەنزیمە کە دەستمان کەوتووە. میسرییە کۆنەکان شیریان لە ناو مەشکەکاندا هەڵدەگرت کە لە گەدەی گوێرەکە دروست کرابوون، ئەوان بە ئەزموون بینیبوویان کە ئەمە گۆڕانی شیر بۆ پەنیر خێراتر دەکات. ئەم کردارە تا کۆتایی سەدەی ١٩ درێژەی هەبوو تا گەدەی گوێرەکە بۆ خۆی وشک کرایەوە وەک هەوێن لە دوکانەکانی دەرمانسازیدا دەفرۆشرا. لە کۆتایی ساڵی ١٨٧٤دا، کیمیایی دانیمارکی کریستین هانسن (Christian Hansen) بۆ دامەزراندن لە دەرمانخانەیەک چاوپێکەوتنی لەگەڵ کرا، کاتێک بیستی ژمارەیەکی زۆر داواکاریی بۆ دەیان شیلاوک هەیە و پرسیاری ئەوەی کرد ئەوان لە کوێوە دێن، ئایدیایەکی بۆ هات کە توانایی کیمیایی بە کار بهێنێت بۆ ئەوەی سەرچاوەیەکی باشتر بۆ ئەم هەوێنە بدۆزێتەوە. ئەو گەڕایەوە بۆ تاقیگەکەی و ڕێگەیەکی پەرە پێ دا بۆ ئەوەی شلەی بۆگەنی بەدەستهاتوو لە گەدەی وشککەوەبووی گوێرەکە بگۆڕێت بۆ پودرەیەکی وشک، کە بەختی باشی بازرگانیی بەرهەمەکەی بۆ هێنایە

ئاراوه و له هەموو جیهاندا لەژێر ناوی عەسارەی شیلاوکی د. هانسن (Dr. Hansen's Rennet Extract) دەفرۆشرا.

شیلاوک له ڕاستیدا تێکەڵەیەک له چەندین ئەنزیمی جیاواز، که چالاکترینەکەیان که بۆ پەنیر به کار دێت، ناسراوه به چیمۆزین(chymosin)، له خۆیدا بریتییه له بنەماڵەیەکی گەوره له ئەنزیمەکان به ناوی پرۆتێز (proteases) که هەڵوەشانەوەی پرۆتینەکان خێرا دەکاتەوه. کردارەکەی له دروستکردنی پەنیردا دەبێت به هۆی ئەوەی شیر ببێت به دەڵەمه و دابەش دەبێت به سەوزئاوی پەنیر و دەڵەمه، بەڵام ڕۆڵه سروشتییەکەی له لەشی گوێرەکەی لاودا بریتییه لەوەی دەڵەمەی شیری مژراو له لایەن گوێرەکەوه زۆرتر له ناو گەدەدا دەمێنێتەوه بۆ ئەوەی هەڵبمژرێت. کۆلاجیناسیش پرۆتزێکی تره، بەڵام مێتۆدەکان بۆ تێگەیشتن لێی تا ٥٠ ساڵ دواتر پەرەیان پێ نەدرا، ئەویش کاتێک بوو که جیرمۆی گرۆس (Jerome Gross)، زانایەکی کلینیکی له سکوڵی پزیشکیی زانکۆی هارڤارد له بۆستۆن له ساڵانی ١٩٥٠دا هەوڵی دا وەڵامی ئەو پرسیاره بدۆزێتەوه: چۆنه سەرەمێکوته دەبێت به بۆق و کلکی هەڵدەمژێت؟

گرۆس سەرنجی چووه سەر ڕۆڵی ڕیشاڵەکانی کۆلاجین وەک نموونەیەک له خۆخڕکردنەوه (self-assembly)، که وا لەبەرچاو دەگیررێت نهێنیی سەرەکیی ژیانی له خۆ گرتبێت[10]، ئەو بڕیاری دا لەسەر کلکی سەرەمێکوتەی گابۆق (bullfrog) که چەندین ئینچ درێژ بوو، کار بکات. گرۆس به دروستی تێگەیشتبوو که پرۆسەی هەڵمژینی کلک دەبێت هەڵگری خڕکردنەوه و هەڵوەشانەوەی ڕیشاڵەکانی کۆلاجینی گیاندارەکه بێت. بۆ هەستکردن به چالاکیی کۆلاجیناسی ئەو پەرەی به هەڵسەنگاندنێکی ساده دا که لەودا قاپی

[10] J. Gross, "How tadpoles lose their tails: path to discovery of the first matrix metalloproteinase", Matrix Biology, vol. 23: 1 (2004), pp. 3–13.

چاندنی میکرۆب (Petri dish) پڕ کرابوو بە توێیەک جێڵی کۆلاجینی شێوەشیری. کاتێک پارچەکانی کلکی سەرەمێکۆتەی خستە سەر ڕووبەری جێڵەکە، بینیی ناوچەیەک کە شانەکەی دەورەی داوە، ڕیشاڵە قایمەکان هەڵدەوەشێن و دەگۆڕێن بۆ جیلاتینی شیاو بۆ حەلبوون. ئەو لە دواییدا چووە سەر پاڵاوتنی مادەی ئاسانکردنی هەرسی کۆلاجین، واتە ئەنزیمی کۆلاجیناس.

کۆلاجیناس لە ناو شانەی بۆق و گیاندارانی تردا هەیە، بە دایناسووریشەوە، کە لە ناو ئێسکەکانی دۆزخی کریکدا (Hell Creek) بەجێ مابوون. ئەنزیمەکە هەمان ئەرکی لە ٦٨ ملیۆن ساڵ لەوەوپێش ئەنجام دەدا کە ئێستا ئەنجامی دەدات، شکاندنی فایبەرەکانی کۆلاجین، بەڵام ئەنزیمەکە کاتێک ئاژەڵەکە دەمرێت و لە ناو قوڕدا دفن دەبێت، ناچالاک دەبێت. بۆیە ڕیشاڵەکانی کۆلاجین بەبێ دەستکاری مانەوە تا ئەو کاتەی ماری شوایتزەر هەندێک کۆلاجینی نوێی بە پارچەکانی ئێسکەکە زیاد کرد.

کۆلاجیناس تەنها یەکێک لە ملیۆنەها ئەنزیمە کە بە هۆی ئەوانەوە، هەموو ئاژەڵەکان، میکرۆبەکان و ڕووەکەکان هەموو چەلاکییە ژیانییەکانیان ئەنجام دەدەن. ئەنزیمەکانی تر ڕیشاڵەکانی کۆلاجینی ڕیزکراوی دەرەوەخانەیی دروست دەکەن؛ ئەوانی تر بایۆمۆڵکیوڵی وەک پڕۆتینەکان، DNA، چەوری و کاربۆهیدرات دروست دەکەن و هەموو کۆمەڵەی ئەنزیمەکان ئەم زیندەمۆڵکیولانە هەڵدەوەشێنن و ڕێکی دەخەنەوە. ئەنزیمەکان بەرپرسن لە هەرسکردن، هەناسەدان، ڕۆشنەپێکهاتن و زیندەچالاکی. ئەوان بەرپرسن لە دروستبوونی هەموو ئێمە و هێشتنەوەمان بە زیندوویی. ئەوان بزوێنەری ژیانن.

بەڵام ئایا ئەنزیمەکان تەنها خێراکەرەوەی بایۆلۆجیکین، هەمان جۆر کیمیایە کە بە کار دێت بۆ دروستبوونی ترشی سولفۆریک و بەرهەمهێنانی کیمیاییە پیشەسازییەکانی تر؟ تا چەند ساڵێک

لەوەوپێش زۆرترینی زیندەناسەکان لەگەڵ دیدگای بوشنەردا بوون کە کیمیای ژیان لە پرۆسەکانی ناو ڕووەک یان تەنانەت کۆمەڵەی کیمیایی منداڵێک، جیاوازیی نییە. بەڵام لەم ٢ دەیەی پێشوودا دیدگاکە لە بنچینەوە، بە هۆی چەند تاقیکردنەوەیەکی گرنگ، کە تیشکی دەخستە سەر کاری ئەنزیمەکان، گۆڕاوە. وا دەردەکەوێت خێراکەرەوەکانی ژیان توانایی ئەوەیان هەیە بگەن بە ئاستێکی قووڵتر لەوەی هەقیقەتی کیمیای کلاسیکی پیشانی دەدات و ببن بە هێلانەی فێڵی کوانتەمی.

بەڵام بۆ تێگەیشتن لەوەی چۆن میکانیکیی کوانتەمی پێویستە بۆ هێزی ژیان، ئێمە دەبێت لە پێشدا بزانین چۆن خێراکەرەوەی ئاسایی لە پیشەسازیدا کار دەکات.

گۆڕینی دیمەنەکە

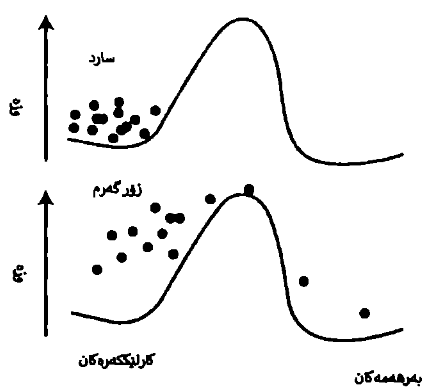
خێراکەرەوەکان بە میکانیزمی جۆراجۆر کار دەکەن، بەڵام لە زۆرترینیاندا دەکرێت بە ڕێگەی ئایدیایەک کە پێی دەگوترێت تیۆریی گواستنەوەی دۆخ ((transition state theory (TST) تێبگەین[11] کە لێکدانەوەیەکی سادە سەبارەت بە چۆنێتیی خێراکردنەوەی کاردانەوەکان دەخاتە بەردەست. بۆ تێگەیشتن لە TST، لەوانەیە سوودمەند بێت بگەڕێینەوە بۆ یەکەم بەرکەوتن لەگەڵ پرسەکەدا و بزانین بۆچی خێراکەرەوەکان بۆ تاودانی کارلێکی کیمیایی پێویستن. وەڵامەکەی بریتییە لەوەی کە زۆرترینی کیمیاییە باوەکان لە ژینگەکەماندا هاوسەنگ و بێچالاکین. ئەوان هەرگیز لە بەرکەوتن لەگەڵ کیمیاییەکانی تردا ناشکێن؛ هەڵبەت ئەگەر ئەوان وا نەدەبوون ئێستا بەو شێوە باو نەبوون.

هۆی ئەوەی کیمیاییە باوەکان هاوسەنگن، دەگەڕێتەوە بۆ ئەوەی بۆنەکانیان زۆربەی کات بە هۆی پشێویی مۆڵکیوڵی کە هەمیشە لە

---

[11] G. E. Lienhard, "Enzymatic catalysis and transition-state theory," Science, vol. 180: 4082 (1973), pp. 149–54

نـاو مـادەدا هەن، ناشـکێن. ئـێمە دەکرێـت وێنـای ئەوە بکەیـن کە ئەم مۆڵکیـوڵە کـارلێککەرانە بەسـەر دیمەنـی تەپۆڵکەیەکـدا سـەردەکەون ئەوجـا لە نێوانیانـدا کارلێـک ڕوو دەدات و بەرهەمـی نـوێ دروسـت دەبێـت (وێـنەی ۳:۱). ئەو وزەیەی کە پێویسـتە بـۆ ئەوەی بەسـەر تەپۆڵکەکەدا سـەربکەوین، زۆرتـر بە هـۆی گەرماوە بەرهەم دێت، کە جـووڵەی ئەتـۆم و مۆڵکیوڵەکـان خێراتـر دەکـات یـان خێراتـر دەیانجووڵێنێـت. ئەم هەڵـبەزودابەزە مۆڵکیـوڵییە دەکرێـت بۆنـدە کیمیاییەکـان بشـکێنێت کە ئەتۆمەکـان لە نـاو مۆڵکیوڵەکـان پـێکەوە دەهێڵێتەوە یان تەنانەت هەلیان بۆ دەڕەخسێنێت بۆندی نـوێ دروسـت بکەن.



وێنەی ۳:۱

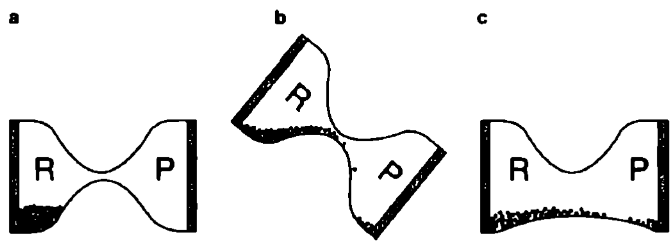
مۆڵکیـوڵە کارلێککەرەکـان کە بە خـاڵی کەمڕەنـگ پیشـان دراون، دەکرێـت بگـۆڕێن بە مۆڵکیوڵەکـانی بەرهەمهـاتوو، کە بە خـاڵی ڕەش پیشـان دراون، بەڵام پێشـتر ئەوان دەبێـت سـەربکەون بەسـەر تەپۆلکەیەک لە وزە. مۆڵکیوڵە ساردەکان هەرگیز وزەی پێویستیان بۆ ئەم سـەرکەوتنە نییە، بەڵام مۆڵکیوڵە گەرمەکـان بە ئاسـانی دەکرێـت بگەن بە لوتکە.

بەڵام ئەتۆمەکـان زۆر هاوسـەنگترن لە مۆڵکیوڵەکـان - هەڵـبەت ئەوانەی کە زۆر لە ژینگەکەمانـدا بـاون – لە پـاڵ یەکتریـدا بە هـۆی بۆنـدی بەهێـزەوە هێڵـراونەتەوە، کە بەسـە بـۆ ئەوەی لە پشـێویی مۆڵکیـوڵی دەوروبەر پـارێزراو بـن. ئەمەیە هـۆی ئەوەی ئەو مـادە کیمیاییانەی ئێمە لە دەوروبەرمان بە زۆری بە هاوسـەنگی دەیانبینین، سـەرەڕای هەڵـبەزودابەزی مۆڵکیـوڵی ناوەنـد دەمێنیـنەوە (هەڵـبەت بەدەرێکـی زۆر گرنـگ لەئـارادایە: مـادەی کیمیـایی وەک ئۆکسـیجن هەرچەنـــدە ناچـــالاکە، بەڵام بە هـــۆی پرۆســـەکان کە لەســـەر هەســـارەکەمان ڕوو دەدەن، نـــویێ دەبـــنەوە، بەرچاوترینیـــان ئەو ئۆرگانیزمە زیندووانەی وەک ڕووەکەکانن، کە بەرگەهەوا پڕ دەکەن لە ئۆکسیجن).

بە هەرحاڵ، تەنانەت ئەگەر وزەی پێویستیان پێ بگات، مۆڵکیوڵە هاوسـەنگەکان دەکرێـت لەبەریەک هەڵبوەشـێن. یەکێک لە سـەرچاوە مومکینەکانی وزە بریتییە لە گەرمکردنـی زۆر، کە جووڵەی مۆڵکیوڵی بەرز دەکاتەوە. گەرمکردنی مادەیەکی کیمیایی دەبێت بە هۆی ئەوەی بەنـدەکانی بپچـڕێن. ئەمەیە هۆکـاری ئەوەی کە ئـێمە خواردنەکانمـان زۆر دەکـوڵێنین: گەرمـا کـارلێکە کیمیاییەکـان بـۆ گـۆڕینی بەشــە نەکوڵاوەکـان - کارلێککەرەکـان – بـۆ بەرهەمە تامخۆشـەکان خێـرا دەکات.

ڕێگەیەکـی ئاسـایی بـۆ وێنەکردنـی چـۆنێتیی ئەوەی کە گەرمـا کـارلێکە کیمیاییەکـان تـاو دەدات، بـریتییە لە وێنەکردنـی مۆڵکیـوڵە کارلێککەرەکـان وەک وردەکـانی لـم لە لای چەپـی کـاتژمێرێکی شووشـەیی کە لەسـەر شـان پـاڵ کەوتـووە (وێـنەی ٣:٢a). ئەگەر لێگەڕێین هەموو دانەکانی لم لەو شوێنەدا کە هەن، ببن، تا دنیا دنیایە ئەوان وزەی پێویسـتیان نابێـت بـۆ ئەوەی بـگەن بە میلـی کـاتژمێرە شووشـەییەکە و تێبـپەڕن بـۆ لای ڕاسـتی قوتـووەکە. مۆڵکیـوڵە کارلێککەرەکان لە پرۆسـەی کیمیاییدا دەکرێت بە پێدانی وزەی زیاتر

له ڕێگەی گەرمکردنەوە و بجووڵێن و خێراتر بلەرنەوە، ئەوکات ئەو وزەیەی کە پێویستە، ئامادە دەبێت بۆ ئەوەی بگۆڕێن بۆ بەرهەمەکان. ئێمە دەکرێت ئەمە بە ڕاوەشاندنێکی باشی کاتژمێرە شووشەییەکە ئامادە بکەین کە هەندێک لە وردە لمەکان دەکەونە لای ڕاستی قوتووەکە و لە کارلێککەرەوە دەگۆڕێن بۆ بەرهەم (وێنەی ٢:b٣).



وێنەی٣،٢

گۆڕینی دیمەنەوزە (energy landscape). (a) مۆلکیولەکان دەکرێت لە دۆخی کارلێکەوە (R) بچن بۆ دۆخی بەرهەم (P)، بەڵام ئەوان دەبێت سەرەتا وزەی پێوست بە دەست بهێنن تا بگەن بە دۆخی گوازرەوە (ملی کاتژمێرە شووشەییەکە). (b) گۆڕینی بارودۆخی دانانی بەشی کارلێکی کاتژمێری شووشەیی (جەوهەر) لە دۆخێکی وزەی بەرزتر لە دۆخی بەرهەم، کە بە ئاسانی هەڵی ڕۆیشتن دەڕەخسێنێت. (c) ئەنزیمەکان بە شێوەی هاوسەنگکردنی دۆخی گوازرەوە کار دەکەن، ئەوان بە کاریگەریی وزەکە دەهێننە خوارەوە (میلی کاتژمێرە شووشەییەکە)، کە هەڵدەدات بەوەی جەوهەرەکان بە ئاسانی بەرەو دۆخی بەرهەم بچن.

بەڵام ڕێگەیەکی تر بۆ گۆڕینی کارلێککەر بۆ بەرهەم، نزمکردنەوەی بەربەستی وزەیە تا ئەوان بتوانن پێیدا هەڵبگەڕێن. ئەمە هەمان شتە، کە خێراکەرەوە (catalysts) دەیکات. ئەوان بە شێوەی

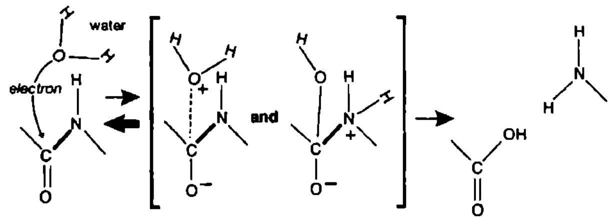
هاوتـا میلـی کـاتژمێرە شووشـەییەکە پـان دەکەنەوە، ئەوکـات وردە لمەکان لە لای چەپەوە دەکرێت بڕۆن بۆ لای ڕاستی قوتـووەکە، تەنها بە جـووڵەیەکی گەرمـایی بچـووک بەرەو لای ڕاسـت دەچـن (وێـنەی C٣:٢). بەم ڕێگەیە کاردانەوە تـا ڕادەیەکـی زۆر بە هـۆی خێراکەرەوە تـاو وەردەگرێـت کە توانـایی ئەوەی هەیە ڕوخسـاری دیمەنـی وزە بگۆڕێتْ تـا مـادە جەوهەرەکـان (مـادە کیمیـاییە سـەرەتاییەکانی نـاو کارلێکێک پێی دەگوترێت کارلێککەر (reactant). بە هەرحـاڵ، کاتێک کارلێک بە هۆی خێراکەرەوەی وەک ئەنزیم یارمەتی دەدرێت بە مـادە سـەرەتاییەکان دەگوترێـت جەوهەر (substrate)) زۆر خێراتـر لە کاتی نەبوونی خێراکەرەوەدا ببن بە بەرهەم.

ئـێمە دەکرێـت چـۆنێتیی ئەم کـارانە لە ئاسـتی مۆڵکیوڵیـدا بە لەبەرچـاوگرتنی کـاردانەوە زۆر هێواشـەکە کە بەرپرسـە لە هەڵوەشانەوەی مۆڵکیوڵی کۆلاجین، لە نەبوونی ئەنزیمـی کۆلاجیناسـدا ببینـین (وێـنەی ٣:٣) (زۆرترینـی ئەنزیمەکـان ناوەکانیـان بە مۆڵکیـوڵە سەرەتاییەکەوە دەست پێ دەکات، جەوهەرێک کە لە کاردانەوەدا تیا دەچێت کۆتاییەکەی ئاس (ase) دەبێت، هەر بۆیە کۆلاجیناس بریتییە لە ئەنزیمێـک کە کـار دەکـاتە سـەر کـۆلاجین). وەک ئـێمە پێشـتر شـرۆڤەمان کـرد، کـۆلاجین بـریتییە لە زنجیـرەی ترشـەکانی ئـامینۆ، هەریەک لەوان بە بەندێکی پیپتاید کاربۆنی ئەمیانی بەستووەتەوە بە نیترۆجینی ئەوی ترەوە (بە هێڵێکی تۆخ لە وێنەکەدا پیشـان دراوە). بەندی پیپتاید تەنها یەکێکە لە چەند جۆر بەند کە ئەتۆمەکـان پێکەوە لە نـاو مۆڵکیوڵـدا ڕادەگرێـت. بە شـێوەی بنەڕەتـی پێـک هـاتووە لە جووتێک ئەلیکترۆن کە لە نێوان نایترۆجین و کاربۆنەکەدا هاوبەشـە. ئەم ئەلیکترۆنە بارگە نێگەتیڤە هاوبەشانە بارگە پۆزەتیڤەکـانی نـاوکی ئەتـۆم لەولای تـری بەنـدەکەوە بە ڕێـگەی چەسـپێکی ئەلیکترۆنـی کە ئەتۆمەکـان لە بەنـدە پیپتایـدەکان پـێکەوە ڕادەگرێت، ڕادەکێشـن (بەم جۆرە لە بەند دەگوترێت بەندێکی کۆڤالانی (covalent bond)).

بەندەکانی پیپتاید زۆر پایەدارن، چونکە شکاندنی ئەوان بە ڕێگەی جیاکردنەوەی ئەلیکترۆنە هاوبەشەکان لە یەکتر، وزەیەکی بەرزی چالاکسازیی (activation energy) پێویستە: بەندەکە ناچارە بە تەپۆڵکەیەکی زۆر بەرزی وزەدا پێش ئەوەی بگات بە میلی کاتژمێری لمیی کارلێکەکە. لە کرداردا، بەندەکە بە شێوەی ئاسایی پەتەکەی ناپسێت و پێویستی بە دەستێکی یارمەتیدەر لە یەکێک لە مۆڵکیوڵە ئاوەکانی دراوسێی هەیە، ئەم پرۆسەیە ناسراوە بە هایدرۆلایز (hydrolysis). بۆ ئەوەی ئەمە ئەنجام ببێت، مۆڵکیوڵەکەی ئاو دەبێت بە ڕادەیەکی زۆر بە بەندەکە نزیک ببێتەوە تا یەکێک لە ئەلیکترۆنەکانی خۆی بدات بە ئەتۆمی کاربۆنی ناو بەندەکە، بەم شێوەیە بەندێکی لاوازتر دروست ببێت کە مۆڵکیوڵەکەی ئاو لە شوێنەکەدا دەبەستێتەوە، کە بە شێوەی خەتی پچڕ لە وێنەی ٣:٣دا پیشان دراوە. ئەم قۆناغە نێوانگرە ناسراوە بە دۆخی گوازەرەوە (بەپێی تیۆریی گواستنەوەی دۆخ (transition state theory)) و ئەمە بریتییە لە لوتکەیەکی ناهاوسەنگی تەپۆڵکەی وزە کە پێویستە پێیدا سەربکەوین بۆ ئەوەی بەندەکە بشکێت، کە بە ملی کاتژمێری لمی پیشان دەدرێت. سەرنج بدەن لە وێنەکەوە کە ئەم ئەلیکترۆنە بەخشراوە لە ناو ئاوەوە لە ژێر ئەتۆمی ئۆکسیجنی دراوسێوە بەرەو بەندە پاپیتایدەکە گەشت دەکات. مۆڵکیوڵەکەی ئاو کە ئەلیکترۆنەکە دەبەخشێت، سەرجەم بە بارگەیەکی پۆزەتیڤەوە لە دۆخی گوازەرەوەدا دەمێنێتەوە.

لێرەدایە کە پرۆسەکە تۆزێک فێڵی لێ دەکرێت. بیرکردنەوە لە پۆزەتیڤبوونی مۆڵکیوڵی ئاو (H_2O) بە هۆی ئەوەوە نییە، چونکە ئەو ئەلیکترۆنێکی لە دەست داوە، بەڵکو بە هۆی ئەوەوەیە چونکە ئەو ئێستا هەڵگری ئەتۆمێکی هایدرۆجینیی ڕووتە، کە بە + لە وێنەکەدا پیشان دراوە. ئەم پرۆتۆنە بارگە پۆزەتیڤە ئیتر لەو شوێنەدا کە مۆڵکیوڵەکەی ئاوی لێیە و بە شێوەیەک لە پرۆسەیەکی کوانتەمیدا کە

لە بەشی دواتر قسەی لەسەر دەکەین، ناجێ (delocalized) دەبێت. هەرچەندە ئەو هێشتا زۆربەی کاتەکەی لەگەڵ مۆلکیولە ئاوەکەی خۆیدا دەبێت (ڕێسای لای چەپ لە وێنەی ٣:٣b) هەندێک جار زۆر دوورتر دەبینرێت نزیک بە ئەتۆمی هایدرۆجین (ڕێسای لای ڕاست لە وێنەی ٣:٣b) لە کۆتاییەکەی تری بەندی پایپتایدەکە. لەم شوێنەدا، پرۆتۆنی گەڕۆک دەکرێت یەکێک لە ئەلیکترۆنەکانی یەکێک لە سەرەکانی پیپتایدەکە ڕابکێشێت و لە شوێنەکەی خۆی بیهێنێتە دەرەوە و بەم شێوەیە بەندەکە بشکێت. بەڵام ئەمە بە شێوەی ئاسایی ڕوو نادات. هۆکارەکەش ئەوەیە کە ئەو دۆخی گواستنەوەیە، وەک ئەوەی لە وێنەی ٣:٣bدا شرۆڤە کراوە ماوەی ژیانی زۆر کورتە؛ ئەوان لە هەمان کاتدا زۆر ناهاوسەنگن کە بە لاوازترین پاڵپێوەنان ئەوان بەجێ دەهێڵێت.



وێنەی ٣:٣

پرۆتینەکانی لە شێوەی کۆلاجین (a) پێک هاتووە لە کۆمەڵەیەک ترشی ئامینۆ کە پێک هاتوون لە ئەتۆمەکانی کاربۆن (C)، نایترۆجین (N)، ئۆکسیجین (O) و هایدرۆجین (H) کە بە پیپتایدەکان پێکەوە بەستراونەتەوە. یەکێک لەم بەندانە بە ئەستووری لە وێنەکەدا پیشان دراوە. بەندەکەی پیپتاید دەکرێت بە هۆی مۆلکیولێکی ئاوەوە (H_2O) هایدرۆلایز ببێت، کە بەندی پیپتاید دەشکێنێت (c)، بەڵام ئەو سەرەتا دەبێت لە دۆخێکی گوازەرەوە تێپەڕ ببێت، کە هەڵگری لانیکەم ٢ ڕێسای جیاوازە کە دوو بە دوو دەکرێت بگوڕێن بە یەکتری (b).

بـــۆ نمـــوونە، ئەلیکتـــرۆنە بارگـــاوییە نێگەتیڤەکـــان کە لە لایەن مۆلکیولەکەی ئاوەوە دەبەخشرێت، بە ئاسانی دەگیرڕێتەوە، هەر بۆیە کـارلێکە سـەرەتاییەکە دووبـارە دەبێـتەوە (تیرئاسـا ئەسـتوورەکان لە وێـنەکەدا). ئەمە زۆر زیـاترە لەو سـیناریۆیەی کە کارلێکەکـان بەرەو پێشـەوە دەبـات و بەنـدەکان دەشـکێنێت. هەر بـۆیە بەنـدەکانی پیپتایـد زۆر جـار ناشـکێن. لە ڕاسـتیدا، لە شـیکەرەوە بێلایەنەکـان (neutral solutions) کە نە ترشـە نە تفـت، نیـوەی کـاتی پێویسـت بـۆ ئەوەی بەندەکانی پیپتاید بشکێن، ناسراوە بە نیوەتەمەنی کاردانەوە و زیاترە لە ٥٠٠ ساڵە.

هەڵبەت هەمـوو ئەمـانە بەبـێ ئەنـزیمیش ڕوو دەدات: ئـێمە هێشـتا ناچـارین شـرۆڤەی ئەوە بکەیـن چـۆن ئەنـزیم یـارمەتیی پرۆسـەی هایدرۆلایز دەدات. بەپێی تیۆریی گواستنەوەی دۆخ، کاتالیست پرۆسـە کیمیاییەکـان خێـرا دەکـاتەوە، وەک شـکاندنی بەنـدەکانی پیپتایـد، بە دروستکردنی دۆخێکی گوازرەوەی هاوسەنگتر، بە ڕێگەی زیـادکردنی چانسـی دروسـتبوونی بەرهەمە کۆتاییەکـان. چەنـدین ڕێـگە هەیە بـۆ ڕوودانـی ئەمە. بـۆ نمـوونە، ئەتـۆمێکی کـانزای بـارگە پۆزەتیـڤ نزیـک بەندەکە دەکرێت ئۆکسـینجە بارگـاوییە نێگەتیڤەکە لە گواسـتنەوەیەکی دۆخـدا بـۆ هاوسـەنگکردنی بـێلایەن بکـاتەوە (ئیتـر پەلەکردنێـک لە پێدانەوەی ئەلیکترۆنە بەخشراوەکە بە مۆلکیولەکەی ئاو لەئارادا نییە). بە هاوســەنگکردنی گواســتنەوەی دۆخ، خێراکەرەوەکـان دەســتێکی یارمەتیــدەر بە قەرز دەدەن بــۆ ئەنجامــدانی پرۆســەکە، هاوتــای پانکردنی میلی کاتژمێری لمین.

ئێمە ئێستا پێویستیمان بەوەیە کە تیۆریی گواسـتنەوەی دۆخ وەهـا لەبەرچـاو بگـرین، کە بە کـاتژمێری لمـی قیـاس کـرا، کە دەکرێـت بە ڕێــگەیەک هەژمــار بکرێــت بــۆ ئەوەی ئەنزیمەکــان هەمــوو ئەو کاردانەوانە تاو بدەن کە بۆ ژیان پێویستن.

هەڵبەزودابەز و ڕاوەشاندن

ئەو ئەنزیمەی کە ماری شوارتز بۆ وردکردنی فایبەری کۆلاجینی ئەو دایناسووڕە کۆنە بە کاری هێنا، هەمان ئەنزیمە کە جیرۆمی گرۆس لە بۆقەکاندا دۆزییەوە. بە بیرت بێتەوە کە ئەم ئەنزیمە بۆ هەڵوەشانەوەی ڕیزکراوی دەرەخانەیی سەرەمێکوتە پێویستە کە لەوێوە دەگۆڕرێت بە بۆقی باڵغ. ئەمە هەمان ئەرک لە دایناسووڕ ئەنجام دات و بۆ لەشی ئێمەش درێژە دەکێشێت: هەڵوەشانەوەی فایبەرەکانی کۆلاجین ئیجازە دەدات گەشە بکەین و شانەکانمان دروست ببنەوە لە ماوەی ئەم پەرەسەندن و دوای برینداربوون. بۆ بینینی ئەم پرۆسە ئەنزیمییەیە لە کرداردا، ئێمە ئایدیایەک لەوانەی زانستی شێوەگۆڕینی پێشکەشکراو لە لایەن ڕیچارد فاینمەنەوە (Richard Feynman) بۆ ئامادەبوان لە ئەنستیتۆتی تەکنەلۆجیای کالیفۆرنیا لە ساڵی ١٩٥٩، لەژێر ناونیشانی ژمارەیەکی زۆر ژوور لە بنەوە هەیە (There's Plenty of Room at the Bottom) پێشکەش کرا، بە قەرز دەهێنین. بە گشتی وتارەکە وەک بنچینەی فیکریی بواری نانۆتەکنەلۆجیا دادەنرێت: ئەندازیاری لەسەر سکێڵی ئەتۆم و مۆڵکیوڵ. ئایدیاکانی فاینمەن دەگوترێت ئیلهامبەخشی فیلمی سەفری فەزایی خەیاڵی (Fantastic Voyage) لە ساڵی ١٩٦٦دا بوو، لەودا ژێردەریاییەک و سەرنشینەکانی زۆر بچووک دەبنەوە بە ڕادەیەک دەکرێنە ناو لەشی زانایەکەوە و مەیینێکی خوێنیی ترسناک لە مێشکیدا چارەسەر دەکەن. بۆ زانینی ئەوەی ئەمە چۆن کار دەکات، ئێمە دەبێت وێنای ژێردەریاییەکی نانۆ بکەین. مەقسەدی ئێمە کلکی سەرەمێکوتەکەیە.

سەرەتا ئێمە دەبێت سەرەمێکوتەکەمان بدۆزینەوە. بە سەردانکردنی گۆلاکاوێک لەم نزیکانە، بڕێک گەرای بۆق دەست دەخەین، بە وردبینییەوە بە ڕادەی مشتێک لەو شتە خاڵە گۆییە شێوە جێلییانە جیا دەکەینەوە و دەیگوازینەوە بۆ قاپێکی شووشەیی ئاو. زۆر نابات جووڵەی لەکرمچوو لە ناو هێلکەکاندا دەبینین و

ســـەرەمێکوتەکان لە چەنـــد ڕۆژێکـــدا لە هێلکەکـــان دێـــنە دەرەوە، سەرنجێکی خێرا دەدەینە سەر لایەنە سەرەکییەکانی لە ژێر زەرەبیندا- ســـەرێکی تـا ڕادەیەک گەورە، قەپۆزێـک بەرەو ســـەرەوە، چاوەکـان لە تەنیشتەوە و ڕیشووی پڕ و کلکێکی درێژ بە دواوە، بە قەوزە خۆراک دەدەیـن بە ســـەرەمێکوتەکان و ڕۆژانە ســـەیریان دەکەیـن. بـۆ چەنـدین هەفـتە گـۆڕانێکی بچـووک لە فـۆرمی گیانـدارەکەدا دەبینـین، بەڵام ئەســـتووری و درێـــژییەکەی دەگۆڕڕێـــت. دوای ٨ هەفـــتە دەبینـــین ڕێشـــووەکانی (gill) دەچـنە نـاو لەشـــیەوە و دەســـتەکانی پێشـــەوەی دەردەکەوێـت. دوای ٢ هەفـتەی تـر قاچەکـانی دواوەی لە بنـی کلـکە بەهێزەکەیەوە دەردەکەوێت. لەم قۆناغەوە دەبێت جارەکانی سـەیرکردن زیاتر بکەیـن، چونکە نرخـی گۆڕان لە شـێوە گۆڕانی گیاندارەکەدا تـاو وەردەگرێـت. ڕێشـــووەکانی ســـەرەمێکوتە و تـــوورکەی ڕێشـــوو بە تەواوەتی ون دەبێت و چاوەکانی بەرەو سـەرەوەی سـەری دەجووڵێن. لەگەڵ ئەم گۆڕانکارییـانەدا کە بـۆ پێشـەوەی سـەرەمێکوتەکە دروسـت دەبێت، کلکەکەی دەست دەکات بە بچووکبوونەوە. ئەمە ئامـاژەی ئەو شتەیە ئێمە چاوەڕوانی بووین. ئێمە سواری ژێردەریاییە وردەکەمـان بووین و چووێنە ناو قاپە شووشەییەکەوە بۆ پشکنینی یەکێک لە شێوە گۆڕانە زۆر باوەکانی سروشت.

دەکرێـت زۆر وردەکـاریی تـری شـێوەگۆڕینی بـۆق ببینـین، وەک گۆڕانی زۆری پێستی سەرەمێکوتە، کە ئەستوورتر و ڕەقتر دەبێت و ڕژێنەکـانی لیکـی شـــارەوە، کاتێـک لە گـۆلاوەکە دێـتە دەرەوە و لە وشـکیدا دەجووڵێـت، نەرم و تەڕی ڕادەگـرن. بـا بـاز بـدەین بـۆ نـاو یەکێـک لەم ڕژێنـانە کە دەمانبـات بـۆ نـاو پێسـتی گیانـدارەکە. دوای تێپەڕین بە سـەلامەتی لە ناو چەندین بەربەستی خـانەوە، دەگەیـن بە سیستەمی سووڕی خوێن. بە لێخوڕینی کەشتی لە ناو شـاخوێنبەر و خـوێنهێنەردا، دەکرێت شـایەتی گۆڕانکـاریی زۆر لە نـاو لەشـیدا بـین. لەتورکەچووە سـەرەتاییەکان دەبن بە سـی و دەکشـێن و پڕ دەبن لە

هەوا. ڕیخـۆڵەی لـوولپێچیی سـەرەمێکوتە، کە گونجـاو بـۆ هەرسـی قەوزە بـوو، ڕێـک دەبێـت بـۆ هیـی جۆرێـک ڕاوچـی. ئێسـکەپەیکەرە کرکـــڕاگەییە شـــەفافەکە بە پشـــتیەوە (notochord) (فـــۆرمێکی سەرەتایی لە ئیسکی پشت کە بە درێژایی جەستەکەی درێژ دەبێتەوە) ڕەق و لێـڵ دەبێـت و کرکـڕاگە شـوێنەکەی ئێسـک دەگـرێتەوە. لە درێـژەی ئەرکەکەمـان سـەیری گەشەسـەندنی بڕبـڕەی پشـت بەرەو کلکـی سـەرەمێکوتەکە دەکەیـن. کە تەنهـا دەسـتپێکی پرۆسـەکەیە و لەگەڵ گەشەی جەستەی بۆقەکەدا هەڵدەمژرێت. لەم سـکێڵەدا دەکرێت ڕیشـاڵە ئەسـتوورە ماسـولکەییەکان ببینـین کە پێوەی بەسـتراوەتەوە. خـولێکی تـری چـوونەوەیەک ئەو هەلەمـان دەداتـێ کە ببینـین هەر ڕیشاڵێکی ماسولکە پێک هـاتووە لە خـانە لوولەکییە ستوونییەکان کە گرژبوونە بەخولەکان بریتین لە سەرچاوەی جووڵەی سـەرەمێکوتەکە. ئەم ماسولکە لوولەکییە بە تۆڕەپەتێکی چڕ دەورە دراوە: ڕیزکراوێکی دەرەخـــانەیی کە ئامـــانجی ئەم بەدواداچـــوونەی ئـێمەیە. خـــودی ڕیزکـراوەکە وا دیـارە لە دۆخـی شـلەدا بێـت، کاتێـک تـاکە پەتەکـان دەکـرێنەوە خـانە ماسـولکەییە حەپسـکراوەکان ئـازاد دەبـن، بـۆ پەیوەستبوون بەو بارستاییە ڕوو لە گەشەیەی خـانە کۆچبەرەکـان کە بەرە بەرە کلکەکەی نامێنێت و دەچێتە ناو جەستەی بۆقەکەوە.

زیـاتر بچـووک دەبـنەوە و لەسـەر یەکێـک لە پەتەکـانی ڕیزکـراوە دەرەخـــانەییە هەڵوەشـــاوەکە ڕادەوەســـتین، لەگەڵ کشـــانی پەتەکە دەبینـین کە پەتەکە پێـک هـاتووە لە هەزاران تـاڵی پرۆتینـی تاقـانە، کە هەر کام لەوان لە ڕیشاڵی کۆلاجینن. هەر ڕیشـاڵێک پێک هـاتووە لە ٣ ڕێســمانی پــرۆتین - ئەم ترشــە ئامینۆیــانە لەســەر ڕێســمانێک بە ملـوانەکە کـراون کە پێشـتر ئـێمە کاتێـک قسـەمان لەسـەر ئێسـکی دایناســووڕ دەکـرد، باســمان کــرد - بەڵام بە دەوری یەکتــری بـۆ دروسـتکردنی لـوولپێچێکی ڕەق ئـاڵاون، تۆزێـک هاوشـێوەی DNA، بەڵام لەجیـاتیی چنینـی دوانـی، سـیانییە. لێـرەدا لانـیکەم گەیشـتین بە

ئامـــانجی ئەرکەکەمـــان: مۆلکـــولێکی ئەنزیمـــی کـــۆلاجین. ئەو وەک ڕیسـایەکی شێوەسـەدەف گیـر بـووە لە ڕیشـاڵەکانی کـۆلاجین و بە هێواشی بە ڕیشاڵەکدا دێتە خوارەوە پێش ئەوەی بەندەکانی پیپتایدی بەستەرەوەی ملـوانەی ترشـەکانی ئـامینۆ بپسـێن، لـوولپێچە ٣ دانەکە دەکاتەوە. زنجیرەیەک کە بە شێوەیەک لەوانەیە چەندین ملیۆن سـاڵ بمێنێـتەوە لە سـاتێکدا دەشـکێت. ئـێمە ئێسـتا تەنـانەت زیـاتر ورد دەبینەوە لەوەی بزانین چۆن ئەم کرداری پسانە بە ڕێکی کار دەکات.

قۆناغی دواتری بچووکبوونەوە دەمانگەیەنێت بە سکێڵی مۆلکیول کە نـزیکە لە چەنـد نانۆمەترێـک (ملیـۆنمی ملیمەتـر). ئەوە قورسـە تێبگەیت ئەم سکێڵە بە ڕاستی چەندێکە، بۆ ئایدیایەکی باشتر پیتی O لەسەر ئەم لاپەڕەیە لەبەرچاو بگرە: ئەگەر تۆ لە قەبارەی ئاساییەوە بگوشـــرێیت بـــۆ قەبـــارەی نـــانۆ، وەک ئەوە وایە قەبـــارەی وڵاتە یەککرتووەکانی ئەمریکا بکەیت بەو Oیە. لەم قەبارەیەدا ئێمە دەکرێت ببینین کە ناو خانە مۆلکیولی ئاو، ئایۆنە کانزاییەکان (ئایۆن بریتییە لە ئەتـۆم یـان مۆلکیولێک کە هەڵگری بـارگەی کارەباییە) و ژمـارەیەکی بەرفـراوان بـایۆمۆلکیولی جۆراجـۆر، کە ژمـارەیەکی زۆریـان ترشـە ئـامینۆیە شـێوە سەیروســەمەرەکانن، چەپێنـراونەتە پـاڵ یەک. ئەم حەوزە قەرەبـاڵغە مۆلکیـولییە لە دۆخێکـدایە کە بەردەوام پشـێوییە، مۆلکیولیـــان هەیە دەخـــولێتەوە، هەیـــانە دەلەرێـــتەوە و هەیـــانە هەڵـدەبەزێتەوە، وەک جـووڵەی تۆپەکـانی بیلیـارد کە ئـێمە لە بەشـی پێشوودا باسمان کرد. لەوێدا لە نـاو ئەو هەمـوو چـالاکییە مۆلکیـولییە گەردەلـوولییەدا، ئەنـزیمە شـێوە سـەدەفییەکان بە درێژیـی ڕیشـاڵە کـۆلاجینییەکە دەخزێـت و بە ڕێـگەی زۆر جیـاواز دەجووڵێـت. لەم سکێڵەدا ئێمە دەکرێت ورد ببینەوە لەسەر یەکێک لە تاکئەنزیمەکـان کە لە زنجیـرەی پرۆتینـی کـۆلاجین بـووەتەوە. لە یەکەم بینینـدا، فـۆرمی گشتیی مۆلکیولی ئەنزیم وا دەردەکەوێت بێ فۆرم و ڕوخسـار بێت و ئەو وێنـا هەڵەیەمـان پـێ دەدات کە خڕبـوونەوەیەکی بەشـەکان بێـت. بەڵام

کۆلاجیناس وەک هەموو ئەنزیمەکانی تر ڕیسایەکی وردی هەیە، کە هەر ئەتۆمێک لە شوێنێکی تایبەتی مۆلکیولەکەدایە. هەروەها بە پێچەوانەی هەڵبەزودابەزی مۆلکیولەکانی دەوروبەر، ئەنزیمەکە سەمایەکی ورد و جوانی مۆلکیولی لە دەوری ڕیشاڵەکەی کۆلاجین ئەنجام دەدات، لوولپێچەکان دەکاتەوە و بە وردبینییەوە بەندەکانی پیپتاید کە بەستراوەتەوە بە زنجیرەی ترشەکانی ئامینۆوە، دەپسێنێت پێش ئەوەی خۆی بکاتەوە بۆ ئەوەی دووەم بەندی پیپتاید لە زنجیرەکەدا بپسێنێت. ئەمانە ڤێرژنی مەشینی گوشراوی دەسکردی مرۆڤ نین کە لە ئاستی مۆلکیولیدا کار بکەن کە بە هۆی جووڵەی هەڕەمەکیی لەبیلیاردچووی چەندین تریلیۆن تەنۆلکە بکەوێتە کار. ئەم نانۆمەشینانەی سروشت لە ئاستێکی مۆلکیولی سەمایەکی ورد ئەنجام دەدەن، کە کردارەکەیان لە ماوەی چەند ملیۆن ساڵ هەڵبژاردنی سروشتی بە بەکارهێنانی جووڵەی تەنۆلکە بنچینەییەکانی مادە بە وردی ئەندازیاری کراوە.

بۆ سەیرکردنی نزیکتری کرداری پساندن، دادەبەزین بۆ دەمە شێوەچەتاڵییەکەی ئەنزیمەکە کە جەوهەرەکە لە شوێنەکەی خۆیدا ڕادەگرێت: زنجیرەی کۆلاجینی پرۆتین و مۆلکیولێکی ئاوی تەنها. ئەمە شوێنە چالاکەکەی ئەنزیمەکەیە- کارەکەی کە بریتییە لە خێراکردنی شکاندنی بۆندەکانی پیپتاید بە هێنانەخوارەوەی پلەی وزەی کاتژمێرە شووشەییەکە تەواو بووە. کرداری سەما لەم ناوەند مۆلکیولییە ئاراستەکەرە زۆر جیاوازە لە هەموو ئەو هەڵبەزودابەزە هەڕەمەکییانەی کە لە دەوروبەری ئەنزیمەکەدا لە دەرەوە ئەنجام دەبێت و ڕۆڵێکی گرنگی ناهاوڕێژەیی لە ژیانی بۆقە تەواوەکەدا دەگێڕێت.

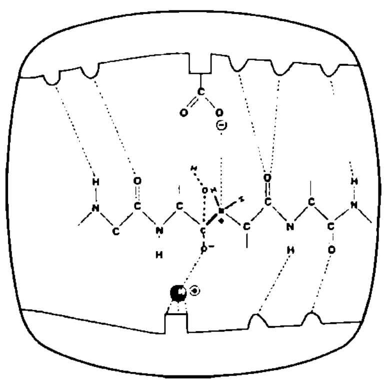
شوێنی چالاکیی ئەنزیمەکە لە وێنەی ٣:٤دا شرۆڤە کراوە. بە بەراوردی ئەم هێلکارییە لەگەڵ وێنەی ٣:٣دا، دەکرێت ببینیت کە ئەنزیمەکە بەندەکەی پیپتاید لە دۆخی گواستنەوەی ناوهەسەنگدا دەهێڵێتەوە کە ناچارە پێی بگات پێش ئەوەی بەندەکە بشکێت. جەوهەرەکان بە هۆی بەندە کیمیاییە لاوازەکانەوە هەوسار دەکرێت، کە بە هۆی هێڵی پچڕپچڕەوە لە وێنەکەدا پیشان دراوە، کە بە

شـێوەی بنەڕەتـی بـریتین لە ئەلیکتـرۆن کە لە نێـوان جەوهەرەکـان و ئەنـــزیمەکەدا هــــاوبەش دەبێـــت. هەوســـــارە جەوهەرەکـــــان لە چوارچێـوەیەکی وردا ڕادەگرێـت کە ئامـادەیە بـۆ کـرداری سـەمای قەپگرتنی مۆڵکیوڵی ئەنزیمی.

کاتێـک قەپگرتنـی ئەنـزیمەکە تەواو دەبێـت، ئەوان هەنـدێک شـت ئەنجام دەدەن کە تۆزێک زیاترە لە قەپگرتنێکی سادە لەسـەر بەندەکە: ئەوان ڕێگەیەک بە مەبەستی ئەوەی خێراکەرەوە بکرێت بێتە نـاوەوە، ئامادە دەکەن. ئێمە ئەتـۆمێکی بارگـاویی هەڵواسـراوی گەورە دەبینـین کە ڕاستەوخۆ لە ژێر بەندی پیپتایدی بە ئامـانج گیـراو لە شـوێنەکەی خۆیدا دەلەرێتەوە. ئەمە ئەتۆمێکی زینکـی بارگـاویی پۆزەتیڤە. ئەگەر ئێمە وای لەبەرچاو بگرین سایتە چالاکەکەی ئەنزیمەکە قەپەکانی بێت، کەوابـوو ئەتـۆمەکەی زینـک بـریتییە لە یەکێک لە دانەکـانی پێشـەوەی. ئەتـــۆمی بارگـــاویی پۆزەتیـــڤ یەکێـــک لە ئەلیکترۆنەکـــانی ئەتـــۆمی ئۆکسـیجنی جەوهەرەکـان دەکەنێـتەوە بـۆ ئەوەی دۆخـی گواسـتنەوە هاوسەنگ بکات و بەم شـێوەیە دیمەنـی وزە تێک دەدات: وەک ئەوەی میلی کاتژمێرە ئاوییەکە پان بکاتەوە.

پاشـماوەی کـارەکە لە لایەن ٢ دانـی پێشـەوەی ئەنـزیمەکە ئەنجـام دەبێت. ئەمە یەکێکە لە ترشـەکانی ئـامینۆی ئەنـزیمەکەی خۆمـان، کە پێـی دەگوترێـت گلوتمـات (glutamate)، کە لە شـــوێنەکەی خـــۆی دەلەرێـتەوە بـۆ ئەوەی ئەتـۆمە ئۆکسـیجنە بارگـاوییە پۆزەتیڤەکـان بە بەندە ئامانجەکەی پیپتایدەوە هەڵبواسێت. ڕۆڵەکەی سەرەتا بـریتییە لە کەنـــدنەوەی پرۆتـــۆنێکی بـــارگە پـــۆزەتیڤەکە لە مۆڵکیـــوڵە ئـــاوە هەوســــارەکە. لە دواییـــدا ئەم پرۆتـــۆنە شـــیش دەکـــات بە ئەتـــۆمی نیتـرۆجینەوە کە لە یەکێـک لە کۆتاییەکـانی بەنـدە پیپتایـدە بە ئامـانج کراوەکەدایە و بەم شێوەیە بارگەی پۆزەتیڤی دەداتێ کە ئەلیکترۆن لە بەنـــدەکەی پیپتایـــدەوە ڕادەکێشـــێت. لەوانەیە لە بیـــرت بێـــت کە ئەلیکترۆنەکـان ڕۆڵـی چەسـپی بەنـدە کیمیاییەکـان دەگێـڕن، هەر بـۆیە

لێکردنەوەی ئەلیکترۆن لە پیپتایدەکە وەک دەرهێنانی چەسپ وایە لە شوێنی بەستنەوەی بەندەکان، کە دەبێت بە هۆی ئەوەی لاواز بن و بشکێن[١٢]. ڕێکخستنەوەی زیاتری ئەلیکترۆن و بەرهەمەکانی کاردانەوە و شکانی زنجیرەکانی پیپتاید هەمووی لە قەپگرتنی مۆلکیولی ئەنزیمەوە دێت. کاردانەوەیەک کە لەوانەیە ئەگەر ئەمە نەبێت لە ماوەی ٦٨ میلیۆن ساڵدا بگات بە ئەنجام، کە تەنها لە چەند نانۆچرکەیەکدا بە ئەنجام دەگات.



وێنەی ٣:٤

شکانی بەندەکانی پیپتایدی (تۆخەکە) کۆلاجین لە شوێنە چالاکەکەی کۆلاجیناس. دۆخی گوازەرەوەی جەوهەرەکان بە هێڵی پچڕاو پیشان دراوە. گۆکەی لای چەپی ناوەڕاست لە بنەوە بریتییە لە ئایۆنی زینکی بارگاویی پۆزەتیڤ؛ گرووپی کاربۆکسیل (COO) لە سەرەوە لە ترشێکی ئامینۆی گلوتامەیتەوە (glutamate) لە شوێنی چالاکی ئەنزیمەکەوە دێت. سەرنج بدەن مەودا مۆلکیولییەکان بەپێی سکێل پیشان نەدراون.

[12] C. Tallant, A. Marrero and F. X. Gomis-Ruth, "Matrix metalloproteinases: fold and function of their catalytic domains," Biochimica et Biophysica Acta (Molecular Cell Research), vol. 1803: 1 (2010), pp. 20–8.

بەڵام لە کوێدا میکانیکیی کوانتەمی دێتە ناو باسەکەوە؟ بۆ تێگەیشتن لەوەی بۆچی ئێمە میکانیکیی کوانتەمیمان بۆ شرۆڤەی خێراکەرەوە ئەنزیمی پێوستە، بۆ ساتێک ڕادەوەستین جارێکی تر سەیری ئەو تێڕوانینانە دەکەین کە لە لایەن پێشڕەوانی میکانیکیی کوانتەمییەوە پێشکەش کرا. ئێمە پێشتر باسی ڕۆڵێکی تایبەتیمان کرد لە لایەن ئەو چەند مۆلکیولەی شوێنی چالاکیی ئەنزیمەوە کە جووڵەسەمایەک دەکەن کە زۆر جیاوازە لەگەڵ هەڵبەزودابەزی هەڕەمەکیی مۆلکیولی کە لە هەر شوێنێکی تری ناوەندە مۆلکیولییەکەدا هەیە. لێرەدا ڕێسا بەرزە بایۆمۆلکیولییەکان بە ڕێگەیەکی زۆر تایبەتی کارلێک لەگەڵ بایۆمۆلکیولە ڕێسا بەرزەکانی تر دەکەن. ئەمە دەکرێت لە هەر کام لە پێشەوا دیکتاتۆرییەکەی جۆردەن یان ڕێکوپێکی لە ڕێکوپێکییەکەی ئێروین شرودینگێردا ببینرێت، کە بە پەرەسەندنی بۆقدا ڕۆ دەچێت لە شانە ڕێکخراوەکە و خانەکانییەوە تا دەگات بە ریشاڵەکان کە ئەو شانە و خانانە و جووڵەسەماییەکەی تەنۆلکە بنچینەییەکان لە ناو شوێنە چالاکەکەی کۆلاجیناس، کە دووبارە ڕێکخستنەوەی ئەو ریشالانە و بەم ڕێگەیە کاریگەرییەکانی پەرەسەندنی بۆقەکە بە تەواوەتی لە خۆ دەگرێت. چی مۆدێلی جوردەن هەڵبژێرین و چی مۆدێلی شرۆدینگێر، ئەوەی لێرەدا لەئارادایە زۆر جیاوازە لەو جووڵە هەڕەمەکییەی کە شەمەندەفەر بە تەپۆڵکەکاندا سەردەخات.

بەڵام ئایا ئەم ڕێکوپێکییە مۆلکیولییە هەلی هاتنەکایەی جۆرێکی تر لە یاساکان دەڕەخسێنێت، چۆن شرۆدینگێر لای وابوو، لە ژیاندا ڕۆڵ بگێڕن؟ بۆ دۆزینەوەی وەڵامەکە، ئێمە پێویستمان بەوەیە تۆزێک زیاتر بزانین سەبارەت بە کۆمەڵە جیاوازە یاساکان کە لە سکێلی زۆر ورددا کار دەکەن.

ئایا تیۆریی گواستنەوەی دۆخ هەموو شتێک ڕوون دەکاتەوە؟

ئایا وەها جووڵەسەمایەکی مۆڵکیوڵی پێویستە میکانیکیی کوانتەمی لە خۆ بگرێت؟ ئێمە دۆزیومانەتەوە کە توانایی کۆلاجیناس لە تاودانی شکانی بەندەکانی پیپتاید هەڵگری چەندین میکانیزمی خێراکەرەوەیە کە کیمیاییەکـــان بە شــــێوەی ئاســـــایی بە کـــاری دەهێـــنن بـــۆ خێراکـردنەوەی کـارلێکە کیمیاییەکـان بەبێ ئەوەی دەسـت ببەن بـۆ میکـانیکیی کـوانتەمی. بـۆ نمـوونە، ئەتـۆمی کـانزای زینـک لە شـوێنە چـالاکەکەی ئەنـزیمەکە وا دەردەکەوێـت ڕۆڵێکـی هاوشـێوەی کـانزای پلاتینیـۆمی گەرم بگێڕێـت کە پیرگـرین فیلیـپس لە سـەدەی ١٩دا بـۆ خێراکردنــی بەرهەمهێنـانی ترشــی سـولفۆرە، بە کـاری دەهێنـا. ئەم خێراکەرەوە نائۆرگانییە بەندە لەسەر جووڵەی هەڕەمەکیی مۆڵکیوڵ، لەجیاتیی کرداری سـەماکردن، بە هێنانی گرووپە خێراکەرەوەکان بۆ نزیک جەوهەرەکـان کاردانەوە کیمیاییەکـان تـاو دەگـرن. ئایـا ئەنـزیم تەنهـا کـۆمەڵەیەک لە چەنـدین میکـانیزمی خێـراکەرەوەی کلاسـیکیی سەرڕاســتی بەســتراوە بە ســـایتە چالاکەکـــانەوە، کە لەو ڕێــگەی چەخمــاخە ســەرەتاییە بنەڕەتیــیەکەی دروســتبوونی ژیــان ئامـــادە دەکرێت، خێرا دەکاتەوە؟

تـا ئەم دوایـیە، بە نزیکەیـی هەمـوو ئەنزیمناسـەکان دەڵـێن بەڵـێ، تیـــۆریی ســـتاندەری گواســـتنەوەی دۆخ، بە شـــرۆڤەی پرۆســـە جیاوازییەکـان کە یـارمەتیی پەرەپێـدانی ژیـان لە دۆخە گـوازەرەوە نێوانگرەکـان دەدات، وەک باشـترین لێکـدانەوە بـۆ چـۆنێتیی کـاری ئەنزیمەکان لەبەرچـاو دەگیررێت. بەڵام دوای ئەوەی هەمـوو فـاکتەرە بەشدارەکان هەژمـار کـران، هەنـدێک گومـان دەرکەوتـن. بـۆ نمـوونە میکانیزمە مومکینە جیاوازەکان کە دەکرێت کاردانەوەی پسانی پیپتاید خێـرا بـکەنەوە، پێشـتر هەر لەم بەشـەدا قسـەی لەسـەر کـرا کە هەر کامیـان بە تەنهـا دەکرێـت سـەدان جـار نـرخەکە بەرز بـکەنەوە. بەڵام تەنانەت ئەگەر تۆ هەمـوو ئەم فـاکتەرانە لە یەکتری کەڕەت بکرێت لە

نرخی کاردانەوەدا دەگەین بە بەرزکردنەوەیەکی چەند ملیۆنی. ئەمە ژمارەیەکی وردە بە بەراورد بە جۆری ئەو نرخانەی کە ئەنزیمەکان وا ناسراون کە دەیبەخشن: وا دیارە جیاوازییەکی گەورە لە نێوان تیۆری و هەقیقەتدا هەیە.

مەتەڵێکی تر بریتییە لە چۆنێتیی چالاکیی ئەنزیم کە دەکەوێتە ژێر کاریگەریی جۆرە جیاوازەکانی گۆڕانی ڕێسای ئەنزیمەکان خۆیان. بۆ نموونە هاوشێوەی هەموو ئەنزیمەکانی تر، کۆلاجین بە شێوەی بنەڕەتی پێک هاتووە لە شانسییەکی (Chassis) پرۆتینی لەسەر ڕێسمانێک کە پشتگیریی قەپ و گازگرتنی ئەنزیمەکە لە شوێنی چالاک دەکات. ئێمە دەبێت چاوەڕوان بین کە گۆڕانی ترشەکانی ئامینۆ کە دان و قەپەکان پێک دەهێنێت، کاریگەریی زۆری لەسەر چوستیی ترشێکی ئامینۆ هەبێت، کە بە ڕاستی واشە. ئەوەی زۆر جێگەی سەرسووڕمانە، بریتییە لە دۆزینەوەی ئەوەی کە گۆڕانی ترشەکانی ئامینۆ لە ناو ئەنزیمەکەدا کە بە دوورن لە ناوەندە چالاکەکە، کاریگەریی زۆریان لەسەر چوستییەکەی هەبێت. بۆچی ئەم گۆڕانکارییانە کە وا دادەنرێت بێکاریگەرین، وەها گۆڕانکارییەکی گەورە دروست دەکەن، لە تیۆریی ستاندەری گواستنەوەی دۆخدا بە شتێکی نهێناوی ماوەتەوە، بەڵام وا دەرکەوتووە ئەگەر میکانیکیی کوانتەمی بهێنینە ناو بابەتەکەوە، ئەم شتانە مانادار دەبێت. ئێمە لە بەشی کۆتایی کتێبەکە دێینەوە سەر ئەم بابەتە.

کێشەیەکی تری تیۆریی گواستنەوەی دۆخی کوانتەمی، بریتییە لەوەی گومان هەیە لە گواستنەوەی ئەنزیمە دەسکردەکاندا وەک ڕاستییەکەی کار بکەن. ئێوە لەوانەیە گوتە بەناوبانگەکەی ڕیچارد فەینمەنتان لە بیر بێت: "کاتێک ناتوانم دروستی بکەم، واتای ئەوەیە باش تێینەگەیشتووم." ئەمە پەیوەندیی بە ئەنزیمەکەوە هەیە، چونکە سەرەڕای ئەوەی زۆر شت سەبارەت بە میکانیزمی ئەنزیم دەزانین،

هیچ کەسێک تا ئێستا نەیتوانیوە ئەنزیمێک دیزاین بکات کە بکرێت هەموو شتێک وەک خۆی بکات[١٣].

بەپێی پێوەرەکەی فاینمەن بێت، ئێمە هێشتا لە کاری ئەنزیم تێنەگەیشتووین.

بەڵام سەیرێکی وێنەی ٣:٤ بکە و ئەم پرسیارە بکە: ئەنزیم چی دەکات؟ وەڵامەکە تا ڕادەیەکی زۆر ڕوونە: ئەنزیمەکان، ئەتۆم، پرۆتۆن و ئەلیکترۆنە تاکەکان لە ناو و لە نێوان مۆڵکیولەکاندا ڕێک دەخەن. تا ئێستا لەم بەشەدا ئێمە ئەم تەنۆلکانەمان وەک بارگەی وردی کارەبایی لەبەرچاو گرتووە کە لە شوێنێکەوە بۆ شوێنێکی تر لەسەر مۆڵکیوڵە شێوە نوێڵ و تۆپەکان ڕادەکێشرێن یان پاڵیان پێوە دەنرێت. بەڵام وەک لە لێکدانەوەکانی بەشی پێشوو بینیمان، ئەلیکترۆن، پرۆتۆن و تەنانەت ئەتۆم وەک گەشتێک زۆر جیاوازن لە تۆپە کلاسیکییەکان، ئەوان لەژێر فەرمانڕەوایی ڕێساکانی میکانیکیی کوانتەمیدان، بە سەیرترینەکەشیانەوە کە بەندە لەسەر هاوباری، کە بە شێوەی ئاسایی لە ئاستی ماکرۆسکۆپی تۆپە بیلیاردەکان بە ڕێگەی پرۆسەی داباری دەسڕێتەوە. دوای هەموو ئەمانە، تۆپەکانی بیلیارد، مۆدیلێکی باش نین بۆ تەنۆلکە سەرەتاییەکان، هەر بۆیە بۆ تێگەیشتن لە کردارە ڕاستەقینەکەی کە لە ناو ئەنزیمەکاندا لەئارادایە، ئێمە دەبێت هەرچی پاشخانی بیرکردنەوەی کلاسیکییە دایبنێین و بچینە ناو جیهانی سەیری میکانیکی کوانتەمییەوە، کە تەنۆلکەکان دەتوانن دوو یان سەدان کار پێکەوە هاوکات ئەنجام بدەن، دەکرێت پەیوەندیی خێوەکی دروست بکەن و دەتوانن لە بەربەستە نەبڕەکانەوە تێپەڕ ببن. ئەمانە دەکرێت کاری سەیر بکەن کە هەرگیز تۆپی بیلیارد ناکرێت ئەنجامی بدات.

---

[13] A. J. Kirby, "The potential of catalytic antibodies," Acta Chemica Scandinavica, vol. 50: 3 (1996), pp. 203–10.

پاڵنانی ئەلیکترۆنەکانی دەوروبەر

دەزانین یەکێک لە چالاکییە سەرەکییەکانی ئەنزیمەکان بریتییە لە جووڵەی ئەلیکترۆنەکان لە دەوری و لە ناوەوەی مۆلکیوڵە جەوهەرەکان، بۆ نموونە کۆلاجیناس ئەلیکترۆنەکان پاڵ پێوە دەنێت و ڕای دەکێشێت بۆ ناو مۆلکیوڵی پاپیتاید. بەڵام سەرەڕای جووڵە لە دەوری مۆلکیوڵەکاندا، ئەلیکترۆنەکان دەکرێت لە مۆلکیوڵێکەوە بۆ مۆلکیوڵێکی تر بگوازرێنەوە.

جۆرێکی زۆر باوی کاردانەوەی گواستنەوەی ئەلیکترۆن لە کیمیا لە پرۆسەیەکدا بە ناوی بەئۆکسیدەبوون (Oxidation) ڕوو دەدات. ئەمە ئەو پرۆسەیەیە کاتێک ئێمە سووتەمەنییە کاربۆنییەکان، وەک خەڵووز، دەسووتێنین دێتە ئاراوە. زاتی بەئۆکسیدەبوون بریتییە لە جووڵەی ئەلیکترۆنەکان لە مۆلکیوڵی بەخشەرەوە بۆ وەرگر. لە باری سووتاندنی کڵۆیەک خەڵووزدا، ئەلیکترۆنە وزە بەرزەکان لە ئەتۆمەکانی کاربۆنەوە دەجووڵێن بەرەو بەندە وزە نزمترەکانی ئەتۆمەکانی ئۆکسیجن و دوانەئۆکسایدی کاربۆن دێتە ئاراوە. زیادە وزەکە وەک گەرمای خەڵووزی گڕگرتوو ئازاد دەبێت. ئێمە ئەم گەرمایە بە کار دەهێنین بۆ گەرمکردنی خانووەکانمان، کوڵاندنی خۆراک و گۆڕینی ئاو بۆ هەڵم و بەکارخستنی بزوێنەرێک یان بەکارخستنی تۆربایینێک بۆ بەرهەمهێنانی کارەبا. بەڵام سووتاندنی خەڵووز و سووتاندنی ناوەوەی بزوێنەرەکان تا ڕادەیەکی زۆر سەرەتایی و چوستییەکەیان نزمە بۆ ئەوەی وزە بدەن بە ئەلیکترۆن. سروشت زۆر پێش ڕێگەیەکی زۆر چوستتری بۆ دەستخستنی ئەم وزەیە دۆزیوەتەوە، بە ڕێگەی پرۆسەیەک کە پێی دەگوترێت هەناسەدان.

لە پرۆسەی هەناسەداندا سییەکانمان ئۆکسیجنی پێویست هەڵدەمژێت و دوانەئۆکسایدی کاربۆن دەداتە دەرەوە. بەڵام هەناسەدان لە ڕاستیدا بریتییە لە ئاوێتەیەک لە هەنگاوی سەرەتا

(وەرگرتنی ئۆکسیجن) و هەنگاوی دواتر (دەردانی دوانەئۆکسایدی کاربۆن) و پرۆسەیەکی ئالۆزتر، واتە پرۆسە مۆلکیولییەکان کە بە ڕێکوپێکی دەچێتە ناو هەموو خانەیەکەوە. ئەمە لە ناو ئەندامۆکە (organelle- لەوانەیە لە بەشی دووەمەوە لە بیرت بێت ئەندامۆکەکان، ئەندامەکانی خانەن: ڕێسای ناوەوەیی کە هەندێک کاری تایبەتی ئەنجام دەدات وەک هەناسەدان) ئالۆزەکان بە ناوی میتۆکۆندریا (mitochondria) ئەنجام دەبێت، کە تا ڕادەیەک هاوشێوەی خانەی باکتریاکانە کە لە ناو خانە گەورەترەکانی ئاژەڵەکاندا حەپس دەبن، چونکە ئەوان ڕێسای ناوخۆییان هەیە وەک پەردە و تەنانەت DNAی تایبەت بە خۆیان.

لە ڕاستیدا میتۆکۆندریا بە نزیکەیی زانراوە کە کە باکتریاییەکی هاوژین (symbiotic) بووە، کە لە ناو خانەکانی ڕووەک و ئاژەڵە باوانەکان لە سەدان ملیۆن ساڵ لەوەوپیش نیشتەجێ بووە و لە دواییدا توانایی خۆی بۆ ژیانی سەربەخۆ لە دەست دا. باوانەکەی وەک خانەی باکتریای سەربەخۆ، لەوانەیە شرۆڤەی ئەوە بکات چۆن ئەوان توانایی ئەم پرۆسە ئالۆزەی هەناسەدانیان پەیدا کردووە. لە ڕاستیدا بەپێی کیمیای ئاوێتەکان، هەناسەدان لەوانەیە ڕۆشنەپێکهاتنی دووەم بێت، کە ئێمە لە بەشی دواتر باسی دەکەین.

بۆ زانینی ئەو ڕۆڵەی میکانیکیی کوانتەمی لێرەدا هەیەتی، ئێمە پێویستمان بەوەیە چۆنێتیی کارکردنی هەناسەدان سادە و کورت بکەینەوە. تەنانەت کاتێک سادەش بکرێتەوە، هێشتا هەڵگری زنجیرەیەک پرۆسەی بەرچاوە، کە بە جوانی ئالۆزیی ئەم نانۆمەشینە بایۆلۆجییە پیشان دەدات. بە سووتاندنی سووتەمەنیی کاربۆنی دەست پێ ناکات، لەم بارەدا ئێمە مادە خۆراکییەکە لە خۆراکەکانمانەوە وەردەگرین. بۆ نموونە، کاربۆهیدراتەکان لە ناو زگمان دەگۆڕرێت بۆ شەکری وەک گلوکۆز و دەکرێتە ناو تەوژمی خوێنەوە و لە دواییدا بۆ وزە دەدرێت بە خانە برسییەکان. ئۆکسیجنی

پێویســـت بـــۆ ســـووتاندنی ئەم شـــەکرە بە ڕێـــگەی خـــوێنەوە لە سـییەکانەوە دەگـوازرێتەوە بـۆ هەمـان خـانە. ڕێک وەک سـووتاندنی خەڵـووز، ئەلیکترۆنەکـان لە ڕێچـکەی دەرەوەی ئەتۆمەکـانی کـاربۆنی ناوی مۆڵکیولێک دەگوازرێنەوە بۆ مۆڵکیولێک بە ناوی NADH. بەڵام لەجیاتیی ئەوەی بە خێرایی ببەسترێنەوە بە ئەتۆمەکانی ئوکسـیجنەوە، ئەلیکترۆنەکـان لە ئەنـزیمێکەوە بـۆ ئەوی تـر بە ئاڕاسـتەی زنجیـرەی هەناسەدان (respiratory chain) لە ئەنزیمەکانی ناو خـانەکە تێپەڕ دەبن، وەک تۆپێک کە لەم یـاریچییەوە بـۆ ئەوی تـر دەگـوازرێتەوە. لە هەر هەنگـاوێکی گواسـتنەوەدا ئەلیکتـرۆنەکە دەکەوێـتە نـاو دۆخێکـی وزەی نزمتر و جیاوازیی وزەکە توانـا دەدات بە ئەنـزیمەکە بـۆ ئەوەی پرۆتۆنێـک لە میتۆکۆنـــدریا دەربپەڕێنێـــت. لە ئەنجـــامی ئـــاڵوگۆڕی پرۆتـــۆنەوە لە دەرەوە بـــۆ نـــاوەوەی میتۆکۆنـــدریا ئەنزیمێکـــی تـــر دەخولێتەوە کە ناوی ATPaseە، کە بایۆمۆڵکیولێک دروست دەکات بە ناوی ATP. ATP لە هەموو خانەیەکی زیندوودا زۆر گرنگە، کە وەک جۆرێـک وزەی بـاتری کـار دەکـات کە دەکرێـت بە ئاسـانی لە دەوربەری خانەیەکـدا بگـوازرێتەوە کە توانـا دەدات بە هەمـوو ئەو شـوێنانەی کە پێویسـتیان بە چالاکیی وزەیە، بـۆ نموونە جـووڵە یـان دروستکردنی جەستە.

کـاری ئەنزیمەکـانی وەرگـری ئەلیکتـرۆن و دەردەری پرۆتـۆن تـا ڕادەیەک هاوشـێوەی پەمپەکـانی کارۆئـاوییە (hydroelectric) کە وزەی زیـادە بە پەمپکردنـی ئـاو بـۆ سـەر تەپـۆڵکەیەک پاشـەکەوت دەکات. وزەی پاشەکەوت بـوو دەکرێت بە هـاتنەخوارەوەی ئاوەکە لە بەرزییـەکەوە و خـولانەوەی بزوێنەرێکـی تۆربـاین، توانـای کارەبـایی بەرهەم بهێنێت. بە هاوشـێوەیی ئەنزیمەکـانی هەناسـەدان پرۆتۆنەکـان پەمـــپ دەکەن بـــۆ دەرەوەی میتاکۆنـــدریا. کاتێـــک پرۆتۆنەکـــان دەگەڕێـنەوە بـۆ نـاوەوە، ئەوان توانـا دەدەن بە خـولانەوەی ئەنزیمـی ATPaseی شـــێوەتۆربـاین. ئەم خـــولانەوانە کـــۆمەڵەیەکی ســـەمای

وردی مۆڵکیوڵی دەخەنە کار کە گرووپێکی تری فۆسفاتی وزەبەرز پاڵ پێوە دەنێت بۆ ناو مۆڵکیوڵێکی ئەنزیمەکە بە مەبەستی دروستبوونی ATP.

پەرەپێدانی بەراوردی پرۆسەی گرتنی وزە بە شێوەی پێشبڕکێی ئەسپ. دەکرێت وێنای ئەوە بکەین لە فووتبۆڵدا لەجیاتیی تۆپ، بتڵێک ئاو دابنرێت (وەک نمایشێک بۆ وزەی ئەلیکترۆن)، هەر یاریچییەک (ئەنزیم)، پێش ئەوەی پاشماوەی ئاوی بوتڵەکە بکرێتە ناو سەتڵێکەوە بە ناوی ئۆکسیجن، قومێک لە ئاوەکە دەدات و بوتڵەکە تێدەپەڕێنێت. ئەم وەرگرتنەوەی وزەی ئەلیکترۆنە بە شێوەی پارچەی بچووکە کە کۆی پرۆسەکە زۆر چوستتر دەکات لەو کاتەی هەمووی بە سادەیی بڕژێتە ناو ئوکسیجنەکە، چونکە بەشێکی کەمی بە شێوەی گەرما بەهەدەر دەچێت.

هەر بۆیە ڕووداوە گرنگەکانی پرۆسەی هەناسەدانی خانەیی بەشێکی زۆر کەمی لە هەناسەهەڵمژیندا ئەنجام دەبێت، بەڵکو بریتییە لە گواستنەوەی ڕیکوپێکیی ئەلیکترۆنەکان بە ڕێگەی ئەنزیمەکانی هەناسەدانی خانەیی لە ناو خانەکاندا. هەر ئەلیکترۆنێک ڕووداوێک لە نێوان ئەنزیمێک بۆ ئەنزیمێکی تر دەگوازێتەوە لە ناوچەیەکدا کە کەلەبەرێکی چەند سەد ئانگستڕۆمییە - مەودای دووریی نێوان زۆربەی ئەتۆمەکان - کە زۆر زیاترە لەوەی کە وا دادەنرێت ئەلیکترۆن بە شێوەی ئاسایی بازی لێوە بدات. مەتەڵی هەناسەدانی خانەیی بریتییە لەوەی ئەم ئەنزیمانە چۆن توانایی ئەم گواستنەوە ئەلیکترۆنییە بە خێرایی و چوستییەوە لە وەها کەلەبەرێکی گەورەی مۆڵکیوڵیدا، دەرەخسێنن.

ئەم پرسیارە یەکەم جار لە سەرەتای ساڵانی ١٩٤٠ لە لایەن بایۆکیمیایی نەمساوی – هەنگاری - ئەمەریکایی، ئالبێرت زنت – گیۆرگییەوە (Szent-Györgyi) کرا، کە لە ساڵی ١٩٣٧دا بە هۆی بەشداریکردنی لە دۆزینەوەی ڤیتامینی C، خەڵاتی نۆبێڵی وەرگرت. لە

سـاڵی ١٩٤١دا، زنـت گیـۆرگی وانەیەکـی لەژێـر ناونیشـانی بەرەو بایۆکیمیای نوێ (Toward a New Biochemistry) پێشکەش کـرد، کە لەودا پێشـنیازی کـرد کە ئەو ڕێـگەیەی ئەلیکترۆنەکـان بە ئاسـانی بە نـاو بایۆمۆلکیوڵەکانـدا دەگـوازرێنەوە، هاوشـێوەی جووڵەکەیان بێت لە ناو مـادەی نیمچەگەیەنەری (semiconductor) وەک کریسـتاڵەکانی سـیلیکۆن کە لە ئەلیکترۆنێکـدا بە کـار دێـت. بە داخەوە، ئەو بیرکردنەوەیەی ئەو تەنها چەند ساڵ دوای ئەوە بوو کە دۆزرابـووەوە، پرۆتینەکـان لە ڕاسـتیدا گەیەنەری کارەبـایی زۆر لاوازن، هەر بـۆیە ئەلیکترۆنەکـان نـاتوانن بەو ئاسـانییە بە نـاو ئەنزیمەکاندا بڕۆن، هەڵبەت بەو شێوەیەی کە زنت - گیۆرگی بیری لێ دەکردەوە.

پێشـکەوتنە سـەرەکییەکان لە کیمیـادا لە مـاوەی سـالانی ١٩٥٠دا هـاتە ئـاراوە، ئەویـش کاتێـک کیمیـایی کەنەدایـی ڕودۆڵـف مـارکوس (Rudolph Marcus) نرخی بازدان یان جووڵەی ئەلیکترۆنەکانی لە نێوان ئەتۆمەکان یان مۆلکیوڵەکاندا شرۆڤە کرد. ئەو سـەرئەنجام لە ساڵی ١٩٩٢دا خەلاتی نۆبێلی کیمیای بۆ کارەکانی پێ بەخشرا.

بەلام نیو سەدە لەوەوپێش، بابەتی ئەوەی بە تـایبەتی ئەنزیمەکانی هەناسـەدانی خـانەیی چـۆن دەتـوانن وەهـا گواسـتنەوەیەکی خێـرای ئەلیکترۆنەکان، ئەویش بە درێژیی مۆلکیـولێکی تـا ڕادەیەک درێـژ هـان بـدەن، مەتەڵێـک بـوو. یەکێـک لە پێشـنیازەکان بریتـی بـوو لەوەی کە لەوانەیە پرۆتینەکـان وەک مەشـینەکانی کـاتژمێر بخـولێنەوە و مەودای دووریـی مۆلکیوڵەکـان لە یەکتـری نزیـک بـکەنەوە و بەم شـێوەیە ئەلیکترۆن دەتوانن بە ئاسانی لەمەوە باز بدەن بۆ ئەوی تر. یەکێک لە پێشبینییە گرنگەکانی ئەم مۆدێلە بریتی بوو لەوەی کە ئەم میکـانیزمە لە پلەی گەرمیـی نزمـدا بە شـێوەیەکی بەرچـاو دادەبەزێـت، ئەویـش کاتێکە کە وزەی کەم بۆ جووڵەی کـاتژمێرەکە لە بەردەستە. لە سـاڵی ١٩٦٦دا، لە ڕاستیدا یەکێک لە گرنگترین ڕچەشـکێنییەکانی زیندەناسـیی

کـوانتەمی بە ڕێـگەی تـاقیکردنەوەیەک کە لە زانکـۆی پینسـیلڤانیا لە لایەن ٢ کیمـایی ئەمەریکـاییەوە، دان دیڤاوڵـت (Don DeVault) و بریتون چـانس (Britton Chance) هـاتە ئاراوە، کە پیشـانی دەدا بە پێچەوانەی پێشبینییەکان، نرخـی بـازادنی ئەلیکترۆنـی لە ئەنزیمەکـانی هەناسەدانی خانەیی لە پلەی گەرمیی نزمدا نایەتە ئاراوە[14].

دان دیڤاوڵـت لە سـاڵی ١٩١٥دا لە میشـیگان لە دایـک بـوو، بەڵام لە کـاتی قەیرانــی ئابووریــدا لەگەڵ بنەمــاڵەکەی کۆچیــان کــرد بەرەو خۆرئاوا. ئەو لە کاڵتچ و برێکلی لە کالیفۆرنیـا خوێندی و دکتـۆرای لە کیمیادا لە ساڵی ١٩٤٠دا وەرگرت. کەسێکی چالاکی مافەکانی مرۆڤ بـوو و لە کـاتی جەنگـی جیهـانیی دووەمـدا، بە هـۆی ڕەخنەکـانی لە حەپسـدا بـوو. لە سـاڵی ١٩٥٨دا دەسـتی لە پۆسـتی پرۆفیسـۆری لە زانکۆی کالیفۆرنیا کێشـایەوە و چـوو بـۆ جۆرجیـا و لەوێ ڕاسـتەوخۆ دەستی کرد بە خەبات بۆ بەدیهێنانی یەکسـانیی ڕەگەزی و نەهێشـتنی هەڵاواردنـی ڕەگەزی لە باشـوور. بەشـداریی زۆربەی خۆپێشـاندانە یەکسـانخوازییەکان لەگەڵ چالاکڤانـانی ڕەشپێسـت دەبـوو، بە هـۆی ئەوەوە هێرشی جەستەیی دەکرایە سەر و تەنانەت جارێک شەویلگەی شـکا، ئەویـش کاتێـک بـوو ئەو لەگەڵ گـرووپە ڕەگەزیـیە تێکەڵەکـان بەشـــداریی خۆپیشـــاندنی کردبـــوو کە لە لایەن ڕەگەزپەرســـتێکەوە هێرشی کرایە سەر. بەڵام ئەمانە ڕێگر نەبوو لەو.

لە ساڵی ١٩٦٣دا دیڤاوڵت چوو لە زانکۆی پێنسلڤانیا لەگەڵ بریتۆن چانس کار بکات، پیاوێک کە تەنها ٢ ساڵ دوای دەرچوونی لە زانکۆ، وەک زانـایەکی پێشـڕەوی بـوارەکەی خـۆی زۆر بەناوبانـگ بووبـوو. چـانس لەجیـاتیی دکتـۆرایەک ٢ دکتـۆرای هەبـوو، یەکێـک لە کیمیـای فیزیایی و یەکێکی تر لە بایۆلۆجیدا. هەر بۆیە بـواری ئەزمـوونکردنی

[14] Don DeVault and Britton Chance, "Studies of photosynthesis using a pulsed laser: I. Temperature dependence of cytochrome oxidation rate in chromatium. Evidence for tunneling," BioPhysics, vol. 6 (1966), p. 825.

ئەو زۆر بەرفراوان بوو و حەزە توێژینەوەکانی زۆر جۆراجۆر. ئەو زۆربەی کات خەریکی کارکردن بوو لەسەر ڕێسای ئەنزیمەکان و ئەرکەکانیان- لە کاتی فەراغدا توانیی میداڵی ئاڵتوون لە گەمیەوانی لە ئۆلۆمپیکی ساڵی ١٩٥٢ بۆ ئەمەریکا بهێنێت.

بریتۆن چانس سەرسام بوو بەو میکانیزمەی کە بە هۆیەوە ڕووناکی دەکرێت گواستنەوەی ئەلیکترۆنەکان لە ئەنزیمی هەناسەدانی خانەیی سیتۆکرۆم (respiratory enzyme cytochrome) بۆ ئۆکسیجن باشتر بکات. لەگەڵ میسو نیشیمورا (Mitsuo Nishimura)، چانس بینیی کە ئەم گواستنەوەیە لە باکتریای کروماتیوم ڤینۆسوم (Chromatium vinosum) تەنانەت کاتێک خانەکانی لە ناو نیترۆجینی شلەدا سارد دەبێتەوە بۆ پلەی گەرمیی 190^0C- (زۆرترینی زاناکان کلڤن (K) وەک یەکەی پلەی گەرمی بە کار دەهێنن). گۆڕانی یەک پلەی کلڤن یەکسانە بە گۆڕانی ١ پلەی سانتیگراد. بە هەرحاڵ، سکێڵی کلڤن لە ٠ی ڕەهاوە دەست پێ دەکات کە یەکسانە بە 273^0C-. هەر بۆیە بۆ نموونە پلەی گەرمیی لەش یەکسانە بە 310K. بەڵام چونکە ئەم پرۆسەیە بە گۆڕانی پلەی گەرمی دەگۆڕرێت، لەوانەیە کلیلی میکانیزمی مۆلکیولی لە خۆ گرتبێت کە هێشتا نەناسراوە. چانس بیری کردەوە چی پێویستە بۆ ئەوەی کاردانەوەکە بە چەخماخەیەکی ڕووناکیی زۆر کورت بەڵام تونـد، دەست پێ بکات. لێرەدا بوو ئەزموونەکەی دان دوڤاوڵت فریای کەوت. ئەو چەندین ساڵ وەک ڕاوێژکاری کارەبایی بۆ کۆمپانیایەکی بچووک کاری کردبوو کە پەرەی دەدا بە لەیزەرێک کە دەکرا ڕووناکیی کورتپرتە ئامادە بکات.

دیڤاوڵت و چانس پێکەوە تاقیکردنەوەیەکیان دیزاین کرد کە لەودا لەیزەرێکی یاقووتی پرتەیەکی ڕووناکیی زۆر کورتی سووری بۆ ماوەی ٣٠ نانۆچرکە (٣٠ ملیاردەمی چرکە) دەدا لە خانە باکتریاییەکانی پڕ لە ئەنزیمەکانی هەناسەدەری خانەیی. ئەوان بینییان

که ئەگەر پلەی گەرمی دابەزێنرێت، نرخی گواستنەوەی ئەلیکترۆن، تا پـــلەی گەرمیـــی نـــزیکەی 100K (-173^0C)، دابەزێـــت. ئەمە چاوەڕوانکراو بـوو ئەگەر پرۆسـەی گواسـتنەوەی ئەلیکتـرۆن بەپێـی بڕی گەرمای ناوەوە بێت. بە هەرحاڵ، هەندێک شـتی سـەیر ڕووی دا کاتێـک دیڤاولـت و چـانس پـلەی گەرمییـان بـۆ ژێـر 100K دابەزانـد لەجیاتیی ئەوەی نرخەکان دابەزێنرێت، وا دەرکەوت نـرخەکە دەگات بە بڕێکـی نەگـۆڕ و هەرچـی دابەزێنرێـت بە نەگـۆڕی دەمێنێـتەوە، تەنانەت کاتێک پلەی گەرمی دابەزێت بۆ ٣٥ پلە سـەروو ٠ی ڕەهـا (-238^0C). ئەمە دەری دەخـات کە میکـانیزمی گواسـتنەوەی ئەلیکتـرۆن ناکرێت تەنها بە هـۆی بـازدانی کلاسـیکیی ئەلیکترۆنەکـانەوە بێت کە پێشتر باسـمان کـرد. وەڵامەکەی وا دیـارە دەکەوێتە نـاوچەی جیهانی کوانتەمی، بە تایبەتی لە پرۆسەیەکی سـەیری تونێللێدانی کوانتەمیدایە (quantum tunneling)، کە پێشـــتر لە بەشـــی ١دا بەرکەوتنمـــان لەگەڵی هەبوو.

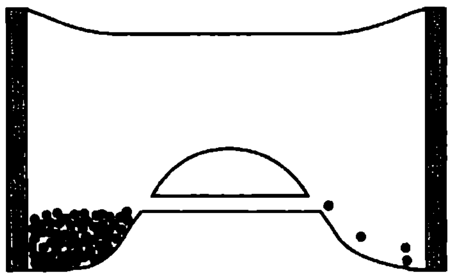
تونێللێدانی کوانتەمی

تۆ لەوانەیە لە بەشی ١وە بە بیرت بێتەوە کە تونێللێدانی کوانتەمی بریتییە لە پرۆسـەیەکی کوانتەمیی تایبەت کە هەڵدەدات بە تەنۆلکەکـان تـا لە بەربەسـتی نەسـمێنەرەوە تێـپەڕ بـبن، وەک چـۆن دەنـگ لە دیوارەکـانەوە تێپەڕ دەبێت. ئەمە سـەرەتا لە سـاڵی ١٩٢٦دا لە لایەن فیزیـایی ئەڵمـانی فریدریک هوندەوە (Friedrich Hund) دۆزرایەوە و بە خێرایـی و سـەرکەوتوانە لە لایەن جـۆرج گـامۆڤ (George Gamow)، ڕۆناڵد گورنی (Ronald Gurney) و ئیدوارد کۆندۆن (Edward Condon) بە کـــار هـــات بـــۆ شـــرۆڤەی واتـــای هەڵوەشانەوەی ڕادیۆئاکتیڤ کە بوو بە ماتمـاتیکێکی نوێی میکـانیکیی کـوانتەمی. تونێللێدانی کـوانتەمی بـوو بە لایەنێکـی سـەرەکیی فیزیـای نـاوکی، بەڵام دواتـر وەک دیـاردەیەک بە فراوانـی لە زانسـتی مـادە و

کیمیـادا گرنگیـی پـێ درا. وەک پێشـتر باسـمان کـرد، ئەمە مەرجـی بنەڕەتیـی ژیـانە لەسـەر زەوی کە هەوڵ دەدات بە جـووت نـاوکە هایـدرۆجینە بارگـاوییەکە لە نـاو خـۆردا یەک بگـرن و یەک هەنگـاوی گـۆڕانی هایـدرۆجین بـۆ هیلیـۆم بێـتە ئـاراوە و بڕێکـی زۆر وزە سەربەست دەبێت. بە هەرحاڵ، تا ئەم دواییە بیر لەوە نەدەکرایەوە لە ناو پرۆسەکانی ژیاندا شتی وا هەبێت.

وا بیـر دەکـرێتەوە کە تونێللێـدانی کـوانتەمی واتـای ئەوەیە کە تەنۆلکەکان دەکرێت لە لایەکی بەربەستەکەوە بڕوات بۆ لاکەی تر کە هەسـتی بـاو پێمـان دەڵێت مـومکین نیـیە. مەبەسـتمان لە بەربەسـت (barrier) نـاوچەیەکی قەدەغەکـراوی فیزیـایی لە فەزایە (بەبـێ وزەی پێویسـت)- بوارەکـانی هێـز چیـرۆکە خەیـاڵییە زانسـتییەکانت وەبیـر دەهێنێتەوە. ئەم ناوچە دەکرێت پێک هاتبێت لە مـادەیەکی نەگەیەنەری تەنـک کە ۲ گەیەنەری کارەبـایی لە یەکتـری جیـای دەکـاتەوە یـان تەنـانەت فەزای بەتـاڵی درزی نێـوان زنجیرەیەکـی ئەنزیمەکـانی هەناسەدان بێت. یان دەکرێت جۆرێک تەپۆڵکەی وزە بێت کە پێشـتر قسـەمان لەسـەری کـرد کە نرخـی کـاردانەوە کیمیاییەکـان سـنووردار دەکـات (وێـنەی ۳:۱). نمـوونەی تۆپێـک لەبەرچـاو بگـرە کە بەرەو بەرزییەکی بچووک لێی دەدرێت. بۆ ئەوەی بگات بەسـەر تەپۆڵکەکە و بێتە خوارەوە، دەبێت لێدانەکە بە ڕادەی پێوست بەهێز بێت، کاتێک بە تەپـۆڵکەکەدا سـەردەکەوێت، بەرە بەرە هێـواش دەبێـتەوە و ئەگەر وزەکە بە ڕادەی پێویسـت نەبێـت (لێـدانێکی بە ڕادەی پێوسـت تونـد) دەوەسـتێت و جـارێکی تـر دەگەڕێـتەوە خـوارەوە. بەپێـی میکـانیکیی کلاسیکیی نیوتنی، تـاکە ڕێگەیەک بۆ ئەوەی تۆپێک لە بەربەستێکەوە تێپەڕ ببێـت، بـریتییە لەوەی وزەی پێویسـتی هەبێـت بـۆ ئەوەی زاڵ ببێـت بەسـەر وزەی تەپـۆڵکەکەدا. بەڵام ئەگەر ئەم تـۆپە ئەلیکترۆنێـک بێـت، بـا وای دابنێـین تەپـۆڵکەکەش بەربەسـتێکی دوورخەرەوەی وزە بێت، ئەگەرێکی بچـووک هەیە کە ئەلیکتـرۆن لە بەربەسـتەکەوە وەک

شەپۆلێک تێپەڕ ببێت، کە لە ڕاستیدا بریتییە لە ڕێگەیەکی ئەلتەرناتیڤ و کارامەتری تێپەڕین. ئەمە تونێللێدانی کوانتەمییە (وێنەی ٣:٥).



وێنەی ٣:٥
تونێللێدانی کوانتەمی لە دیمەنی وزەدا

لایەنێکی گرنگی میکانیکیی کوانتەمی بریتییە لەوەی کە تەنۆلکە سووکترەکان ئاسانتر لە تونێلەکەوە تێپەڕ دەبن. هەر بۆیە جێگەی سەرسووڕمان نییە کە وا تێگەیەنراوین کە ئەم پرۆسەیە لایەنێکی باوی جیهانی کوانتەمییە کە لەودا تونێللێدانی ئەلیکترۆن لە هەموان باوترە، چونکە سووکترین تەنۆلکەی سەرەتایین. دەرچوونی ئەلیکترۆن لە کانزاکانەوە وەک دیاردەیەکی تونێللێدان لە سالآنی ١٩٢٠ەکاندا شی کرایەوە. هەروەها تونێللێدانی کوانتەمی شرۆڤەی چۆنێتیی ڕوودانی هەڵوەشانەوەی ڕادیۆئاکتیڤ دەکات. کاتێک ناوکی ئەتۆمیی دیاریکراوی وەک یورانیۆم بە شێوەی ئاسایی تەنۆلکەیەک دەردەدات. ئەمە یەکەم بەکارهێنانی سەرکەوتوانەی میکانیکیی کوانتەمی لە پرسەکانی فیزیای ناوکیدا بوو. لە کیمیادا، تونێللێدانی کوانتەمیی ئەلیکترۆنەکان، پرۆتۆنەکان (ناوکی هایدرۆجین) و تەنانەت ئەتۆمە قورسترەکانی ئەمڕۆیی بە باشی ناسراوە.

لایەنێکی سەرنجڕاکێشی تونێللێدانی کوانتەمی بریتییە لەوەی وەک هەر دیاردەیەکی کوانتەمیی تر بەندە لەسەر بڵاوبوونەوەی سروشتیی شێوەشەپۆلی تەنۆلکە مادییەکان. بەڵام بۆ مادەیەک کە دروست بووە لە ژمارەیەکی زۆر تەنۆلکەی ورد بۆ ئەوەی تونێلی لێ بدەن، ئەوان لایەنە شەپۆلییەکانی هەموو پێکهاتەکانی هاوشانی ئەو ڕێگەیەی پێیدا دەڕۆن، بپارێزن، بە یەکگرتنەوەی بەرزی و نزمیی شەپۆلەکانیشەوە، شتێک کە ئێمە پێی دەڵێین بوونی سیستەمەکە لە هاوباریدا (Coherence)، یان بە سادەیی لە هەماهەنگیدا (in tune). داباری (decoherence) شرۆڤەی پرۆسەیەک دەکات کە بەپێی ئەو، ژمارەیەکی زۆر لە شەپۆلە کوانتەمییەکان زۆر بە خێرایی لە هاوشانی ئەوی تر دەردەچن و بە گشتی ڕەفتارە هاوبارییەکان دەسڕنەوە، بەم شێوەیە توانایی تەنەکە بۆ تونێللێدانی کوانتەمی نامێنێت. بۆ تەنۆلکەیەک کە تونێلی کوانتەمی لێ دەدات، دەبێت بۆ ئەوەی لە بەربەستەکەوە تێپەڕ ببێت بە شێوەی شەپۆلی بێت، ئەوەیە هۆکاری ئەوەی تەنی گەورەی وەک تۆپی فووتبۆڵ تونێل لێ نادات: ئەوان پێک هاتوون لە چەندین تریلیۆن ئەتۆم کە ناکرێت وەک شێوەشەپۆلی هاوبار ڕەفتار بکەن.

بەپێی ستاندەری کوانتەم، خانە زیندووەکانیش دەکرێت بە تەنی گەورە هەژمارد بکرێن، هەر بۆیە لە یەکەم نیگادا وا دەردەکەوێت تونێللێدانی کوانتەمی ناکرێت لەم ناوەندە گەرم و تەڕەدا کە ئەتۆمەکان و مۆڵکیولەکان بە شێوەیەکی ناهابار بە گشتی دەجووڵێن، ڕوو بدات. بەڵام وەک پێشتر بینیمان، ناوەوەی ئەنزیمێک جیاوازە: مۆڵکیولەکانی لەجیاتیی جووڵەی هەڕەمەکی، بە سەمایەکی وردەوە دەردەکەون. هەر بۆیە با بزانین چۆن ئەم سەمایە دەبێت بە هۆی ئەوەی جیاوازییەک لە ژیاندا دروست ببێت.

تونێلێدانی کوانتەمیی ئەلیکترۆن لە زیندەناسیدا

چەندین ساڵی ویست تا بابەتە چاوەڕاننەکراوەکەی پلەی گەرمیی دیڤاوڵت و چانس لە تاقیکردنەوەکەی ١٩٦٦دا بە ڕوونی شرۆڤە بکرێت. زانایەکی ئەمەریکایی تر کە کارەکانی لە چەندین بواری جیاوازی زانستدا بوو، هەر لە بایۆلۆجیی مۆڵکیولییەوە بۆ فیزیا و بۆ زانستی کۆمپیوتەر، بریتییە لە جان هۆپفیلد (John Hopfield). زۆرترینی ناسراوییەکەی بە هۆی کارەکانیەوە بوو لە پەرەپێدانی تۆڕەکانی هەستەدەمار (neural network) لە هەژماردکردندا (Computing)، لەگەڵ ئەوەشدا هۆفیلد حەزی بۆ ئەو فیزیایە تێدا دروست بوو کە بایۆلۆجی لە خۆ دەگرێت. لە ساڵی ١٩٧٤دا باسێکی زانستی لەژێر ناونیشانی گواستنەوەی ئەلیکترۆن لە نێوان مۆڵکیولە زیندەناسییەکان بە ڕێگەی تونێلێدانی گەرمایی[15] بڵاو کردەوە، کە لەودا مۆدێلێکی تیۆریی بۆ شرۆڤەی ئەنجامەکانی دیڤاوڵت و چانس خستبووە ڕوو. هۆپفیلد ئاماژەی بەوە کرد کە لە پلەی گەرمیی زۆر بەرزدا وزەی لەرینەوەی مۆڵکیولەکان بەسە بۆ ئەوەی هەوڵ بدات بەئەلیکترۆنەکبە بەبێ تونێلێدان زاڵ ببن بەسەر لوتکەی بەربەستەکەدا، بەڵام کاتێک پلەی گەرمییەکە دادەبەزێت، ئەم وزەیەی لەرینەوە بەس نییە بۆ ئەوەی کاردانەوەی ئەنزیمی بێتە ئاراوە. بەڵام دیڤاوڵت و چانس بینییان کە کاردانەوەکە لە پلەی گەرمیی نزمیشدا ڕوو دەدات. هەر بۆیە هۆپفیلد پێشنیازی کرد لەم پلەی گەرمییە نزمترانەدا، ئەلیکترۆن بەرز دەبێتەوە بۆ دۆخێک کە سلۆپیی وزە دەبێت بە نیوە، هەر بۆیە مەودایەک کە پێویستە ببیڕێت، لە خوارەوەی سلۆپەکە زۆر کەمترە و ئەمەش بەختی تونێلێدانی بەربەستەکان بەرز دەکاتەوە. ئەو ڕاست بوو: لە پلەی گەرمیی زۆر

---

[15] J. J. Hopfield, "Electron transfer between biological molecules by thermally activated tunneling," Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 71 (1974), pp. 3640–4.

نزمـدا تونێلێـدانی نێـوانگری ئەلیکترۆنەکـان دێـتە ئـاراوە، ڕێـک بەو شێوەیەی دیڤاوڵت و چانس دۆزیبوویانەوە.

ژمارەیەکی کەم زانا ئێستا گومانیـان لەوە هەیە کە ئەلیکترۆنەکان بە ڕێـگەی تونێلێـدانی کـوانتەمی بە درێژیـی زنجیـرەی هەناســەدان گەشــت دەکەن. ئەمە گرنگتــرین کارادنەوەکـانی گواســتنەوەی وزە لە ئاژەڵان و خانە میکرۆبییەکـان (نارۆشـنەپێکهاتنی) دەهێنێتە ئـاراوە (لە بەشی دواتردا ئێمە قسە لەسەر سـەرچاوەی ڕۆشـنەپێکهاتن دەکەیـن)، کە بە دڵنیـاییەوە دەکەوێـتە چوارچێـوەی بـایۆلۆجیی کـوانتەمییەوە. بەڵام ئەلیکترۆنەکـان، تەنـانەت بە سـتاندەری جیهـانی کـوانتەمی زۆر بچووکن و ڕەفتاریان بە ناچاری شێوەشەپۆل دەبێت. کەوابوو ئەوان نابێــت وا ببینــرێن کە وەک تەنــۆلکەی کلاســیکی دەجــووڵێن و هەڵـدەبەزنەوە، سـەرەڕای ئەو ڕاسـتییەی زۆر لە تێکسـتە بایۆکیمیـا ستاندەرەکان هێشتا مۆدێلی کۆمەڵەی خۆر بۆ ئەتۆم بە کار دەهێنن. یەکێک لە پیشاندانە گونجاوەکان بۆ ئەلیکترۆن لە ناو ئەتۆمدا، بـریتییە لەوەی وەک هەورێکــی شێوەشــەپۆل بە نــاوی هەوری ئەلیکترۆنــی، لەبەرچاو بگیررێت کە دەوری ناوکە وردەکانی گرتووە، واتە "هەوری ئەگەر" کە لە بەشـی ١دا قسـەمان لەسـەری کـرد. هەر بۆیە ئەمە زۆر جێگەی سەرسوورمان نییە کە شەپۆلە ئەلیکترۆنییەکان وەک شـەپۆلی دەنگ چۆن لە دیوارەوە تێپەڕ دەبێت، دەکرێت تەنـانەت لە سیسـتەمە بایۆلۆجیکییەکانیشـدا لە بەربەسـتی وزەوە تێپەڕ بـبن، هەروەک چـۆن لە بەشی یەکەمدا شرۆڤەمان کرد.

بەڵام سـەبارەت بە تەنـۆلکە گەورەترەکـان دەکرێـت چـی بڵێـین، لە نموونە پرۆتۆنەکان یـان ئەتۆم وەک گشـتێک؟ ئایـا ئەمـان دەتـوانن لە سیستەمە بایۆلۆجییەکانەوە تێپەڕ ببن؟ لە یەکەم تێڕوانینـدا لەوانەیە وەڵام بـدەیتەوە و بڵێیـت نـا. تەنـانەت پرۆتـۆنێکی تەنهـا ٢٠٠٠ جـار گەورەترە، تونێلێدانی کوانتەمی ناسـراوە بەوەی بە وردی هەستیارە بە بارسـتایی تەنـۆلکە تونێلێـدەرەکە: تەنـۆلکە وردەکـان ئامادەگییـان

زۆر زیاتره بۆ تونێلێدان لەچاو تەنۆلکە قورسەکان، مەگەر ئەوەی مەوداکە زۆر کورت بێت. بەڵام تویژینەوە بەرچاوەکانی ئەم دواییە پیشانی دەدا کە تەنانەت تەنۆلکەی زۆر قورس توانای ئەوەیان هەیە لە کاردانەوە ئەنزیمییەکاندا تونێل لێ بدەن.

جووڵەی پرۆتۆنەکان لەو ناوەدا

لەوانەیە بە بیـــرت بێـــتەوە لەگەڵ بەرزکـــردنەوەی ڕێـــژەی گواستنەوەی ئەلیکترۆن، یەکێک لە چالاکییە سەرەکییەکانی ئەنزیمی کۆلاجیناس (وێنەی ٣:٤) بریتییە لە جووڵەی پرتۆنەکان بە مەبەستی پساندنی زنجیرەی کۆلاجین. وەک پێشتر باسمان کرد، ئەم جۆرە لە کاردانەوە یەکێکە لە کارە سەرنجڕاکێشەکان کە ئەنزیمەکان ئەنجامی دەدەن. نزیکەی ١ لەسەر ٣ی هەموو کاردانەوەی ئەنزیمەکان هەڵگری جووڵەی ئەتۆمی هایدرۆجین لە شوێنێکەوە بۆ شوێنێکی ترە. سەرنج بدەن لێرەدا ئەتۆمی هایدرۆجین دەکرێت چەندین واتای هەبێت: ئەو دەکرێت ئەتۆمی هایدرۆجینیی نیوترا بێت (H) کە پێک هاتووە لە ئەلیکترۆنێـک کە بە دەوری ناوکێکـدا (پرۆتۆنێـک) دەسـووڕێتەوە؛ دەکرێت ئایۆنێکی هایدرۆجینیی پۆزەتیڤ بێت (H^+)، کە بریتییە لە ناوکێکی ڕووت- پرۆتۆن بەبێ ئەلیکترۆن، یان تەنانەت دەکرێت ئایۆنێکی هایدرادی بارگاوی بێت، کە بریتییە لە ئەتۆمێکی هایدرۆجین بە ئەلیکترۆنێکی زیادەوە (H).

هەر بەو چەشنەی هەر کیمیاییەکی بەڕێز یان بایۆکیمیاییەک بە خێرایـی پێـت دەڵێـت، جـووڵەی ئەتۆمەکـانی هایـدرۆجین (یـان پرۆتۆنەکـان) لەو نـاوەدا لە نێـوان مۆڵکیوڵەکانـدا مەرج نیـیە کاریگەرییەکی کوانتەمیی لێ بکەوێتەوە، یان لانیکەم پێویست ناکات حەتـمەن چـاوەڕێ بکەیـن پرۆسـە سەیروسـەمەرەکانی جیهـانی کـوانتەمی لە شـێوەی تونێلێـدانی کـوانتەمی ببینـین. لە ڕاسـتیدا بـۆ زۆرترینی کاردانەوە کیمیاییەکان کە لەو جۆرە پلەی گەرمییەدا ڕوو

دەدەن کە ژیان کار دەکات، پرۆتۆنەکان وا بیر دەکرێتەوە بە زۆری بە شێوەی سەمای گەرمای ناکوانتەمی لە مۆلکیولێکەوە بۆ مۆلکیولێکی تر دەجوولێن. بەڵام تونێللێدانی پرۆتۆنی لە چەندین کاردانەوەی کیمیاییدا دەبینرێت کە دەکرێت بە گوێنەدان بە پلەی گەرمی بناسرێتەوە، وەک چۆن دیڤاولت و چانس بۆ تونێللێدانی ئەلیکترۆن شرۆڤەیان کرد.

ژیان لە پلەی گەرمیی بەرزدایە (بەپێی ستاندەرەکانی جیهانی کوانتەمی). هەر بۆیە لە زۆرترینی مێژووی بایۆکیمیادا، زانایان وایان دادەنا کە گواستنەوەی ئەنزیمی پرۆتۆنەکان بە تەواوەتی بە ڕێگەی میکانیزمی سەما (ناکوانتەمی) لەسەر بەربەستەکەوە ئەنجام دەبێت (لەوانەیە سەرت سوور بمێنێت بۆچی بۆ شرۆڤەی پرۆسەی ناوکەیەکبوونی ناو خۆر، تونێللێدانی کوانتەمی پێویست بێت. بەڵام لێرەدا تەنانەت پلەی گەرمی و پەستانی زۆر بەرزیش بەس نییە بۆ ئەوەی زاڵ ببن بەسەر هێزی دوورخەرەوەی کارەباییدا، کە ڕێگە دەگرێت لە یەکگرتنی ٢ پرۆتۆن بە بارگەی پۆزەتیڤەوە و میکانیکیی کوانتەمی بۆ یارمەتیدان پێویستە). بەڵام ئەم تێڕوانینە لە ساڵی ١٩٨٩دا هاتە ئاراوە، کاتێک جودیس کلاینمان (Judith Klinman) و هاوکارەکانی لە برێکلی، یەکەمین بەڵگەکانیان بۆ تونێللێدانی پرۆتۆن لە کارلێکی ئەنزیمەکاندا دۆزییەوە[١٦]. کلینمان بایۆکیمیاییەکە کە زۆر بەڵگەی دەهێنایەوە سەبارەت بە گرنگیی تونێللێدانی کوانتەمی لە مەشینی مۆلکیولیی ژیاندا. لە ڕاستیدا ئەو زۆر لەوە زیاتر چووە پێش وەک یەکێک لە گرنگترین و باوترین میکانیزمەکان لە هەموو بایۆلۆجیدا ناساندی. کارە ڕچەشکێنەکەی لە لێکۆڵینەوەی ئەنزیمێکی تایبەتەوە دێت لە ناو هەوێندا(yeast) بە ناوی ئەلکهوولی دیهیدرۆجیناس ((alcohol dehydrogenase (ADH) کە

[16] Yuan Cha, Christopher J. Murray and Judith Klinman, "Hydrogen tunneling in enzyme reactions," Science, vol. 243: 3896 (1989), pp. 1325–30.

کارەکەی بریتییە گواستنەوەی پرۆتۆن لە مۆلکیولی ئەلکهوولەوە بۆ مۆلکیولێکی بچووکی تر بە ناوی +NAD بۆ دروستکردنی NADH (nicotinamide adenine dinucleotide مۆلکیولێک کە پێشتر وەک هەلگری ئەلیکترۆنی سەرەکیی خانە ناسیمان). تیمەکە توانییان بوونی تونێللێدانی کوانتەمی بە بەکارهێنانی تەکنیکێکی داهێنەرانە، بە ناوی کاریگەریی جوولەی ئایزۆتۆپی (kinetic isotope effect) پشتڕاست بکەنەوە. ئەم ئایدیایە بە باشی لە کیمیادا ناسراوە و شایانی ئەوەیە لێرەدا بە وردی ڕوون بکرێتەوە. کە یارمەتیی ئامادەکردنی یەکێک لە بەلگە سەرەکییەکانی بایۆلۆجیی کوانتەمی دەدات و چەندین جار لەم کتێبەدا باس دەکرێت.

کاریگەریی جوولەی ئایزۆتۆپی

ئایا تا ئێستا بە پاسکیل بەسەر هەورازێکی توندا سەرکەوتوویت بۆ ئەوەی بزانیت دەکرێت وەک خەلکی پیادە پێیدا سەربکەویت؟ لەسەر ئاستی زەوی تۆ هیچ کێشەیەکت لە پاسکیلسواریدا نییە و هەموو پیاسەکەران و تەناتەت ڕاکەران بەجێ دەهێلیت، ئەی بۆچی پاسکیلسواری لە هەورازدا چوستییەکەی کەمە؟

وای دابنێ لەجیاتیی سواربوونی دەست بگریت بە کوشنەکەیەوە و پاسکیلەکە لەسەر زەویی تەخت یان بە هەورازدا لێبخوڕیت. لە هەورازەکەدا تۆ ناچاریت هەم خۆت ڕابکێشیت و هەم پال بە پاسکیلەکەوە بنێیت. کێشی پاسکیلەکە لە کاتی لێخوڕینی لەسەر زەویی تەختدا کێشە نەبوو، ئێستا کاتێک دەتەوێت بە هەورازەکەدا سەربکەویت، بە دژی تۆیە: تۆ ناچاریت کێشەکەی چەندین مەتر بە دژی هێزی کێشکردنی ڕاکێشەری زەوی بەرز بکەیتەوە، ئەمەیە هۆکاری ئەوەی کە بۆچی لە بەرهەمەکانی پاسکیلی پێشبڕکێ قسەی زۆر لەسەر کێشی پاسکیلەکان دەکرێت. ڕوونە کێشی تەنێک دەکرێت جیاوازییەکی گەورە لە ئاسانیی جوولەدا دروست بکات، بەلام نموونە

پاسکیلەکەی ئێمە ڕوونی دەکاتەوە کە ئەم جیاوازییە بەندە لەسەر ئەوەی چی جۆرە جووڵەیەک لەئارادایە.

ئێستا وێنای بکە کە تۆ دەتەوێت بزانیت کە ئایا زەویی نێوان ٢ شارۆچکە، تۆ بڵێ شارۆچکەی A و شارۆچکەی B، تەختە یان تەپۆڵکەییە، بەڵام بۆخۆت ناتوانیت گەشت لە نێوان ئەم ٢ شارەدا بکەیت. ڕێگەیەکی مومکین بریتییە لەوەی کە تۆ بزانیت خزمەتگوازییەکی گەیاندن لە نێوان ئەم ٢ شارەدا هەیە، کە گەیاندنکارەکان پاسکیلی سووک و قورس لێدەخوڕن. بۆ دۆزینەوەی ئەوەی کە دەشتی نێوانگرەکە تەختە یان هەوراز، تەنها بەسە کۆمەڵەیەکی چوونیەک لە نێوان ئەم ٢ شارەدا پۆست بکەیت، نیوەیان بە ڕێگەی ئەو پیاوە پۆستەبەرانەدا بنێرە کە پاسکیلەکانیان سووکە و نیوەکەی تر لە ڕێگەی ئەوانەی کە پاسکیلەکانیان قورسە. ئەگەر بینیت کە هەموو پەکەیجەکان لە یەک کاتدا دەگەن، کەوابوو دەگەیت بەو ئەنجامەی کە مەودای نێوان ٢ شارەکە لەوانەیە تەختایی بێت، بەڵام ئەگەر هەموو ئەو بەستانەی کە بە پاسکیلە قورسەکانەوەن درەنگ بگەن، تۆ دەکرێت بگەیت بەو ئەنجامە کە مەودای نێوان ٢ شارۆچکەکەی A و B لەوانەیە هەوراز بێت. لێرەدا پۆستچییەکان وەک پشکنەری ناوچە نەناسراوەکە بە کار دێن.

ئەتۆمەکانی هەر توخمێک وەک پاسکیلەکان کێشیان لەگەڵ ئەوانی تردا جیاوازە. بۆ نموونە هایدرۆجین لە نموونەکەی ئێمەدا هەم سادەترین ئەتۆمە و هەم لێرەدا ئێمە زۆرترین کاری پێ دەکەین. توخمێک بە ژمارەی پرۆتۆنەکانی ناو ناوکی دیاری دەکرێت (کە ژمارەیەکە یەکسان بە ژمارەی ئەو ئەلیکترۆنانەی دەوریان گرتووە). هەر بۆیە هایدرۆجین ١ پرۆتۆنی لە ناو ناوکەکەیدا هەیە، هیلیۆم ٢ی هەیە، لیسیۆم ٣ی هەیە و تا دوایی. بەڵام ناوکی ئەتۆم هەڵگری تەنۆلکەیەکی تریشە: نیوترۆن، کە ئێمە لە بەشی ١دا کاتێک قسەمان لەسەر ناوکەیەکبوونی هایدرۆجینەکان لە ناو خۆردا دەکرد، قسەمان

لەسەر دەکرد. زیادکردنی نیوترۆنەکان بە ناوک قورستری دەکات، هەر بۆیە تایبەتمەندییە فیزیاییەکانی دەگۆڕڕێت. ئەتۆمەکانی توخمێکی تایبەتی کە ژمارەی جیاوازی نیوترۆن لە خۆ دەگرن، پێیان دەگوترێت ئایزۆتۆپ. ئایزۆتۆپە ئاساییەکەی هایدرۆجین سووکترینەکەیانە کە پێک هاتووە تەنها لە ئەلیکترۆنێک و پرۆتۆنێک. ئەمە فروانترین فۆرمی هایدرۆجینە، بەڵام ٢ ئایزۆتۆپی قورستر و دەگمەنتری هایدرۆجین هەیە: دتریۆم (D)، کە نیوترۆنێک سەرەڕای پرۆتۆنێک لە ناوکەکەیدا هەیە و تریتیۆم (T) کە تەنها هەڵگری ٢ نیوترۆنە.

چونکە تایبەتمەندیی کیمیایی توخمەکان بە زۆری بەندە لەسەر ژمارەی ئەلیکترۆنەکانی ئەتۆم، ئایزۆتۆپە جیاوازەکانی توخمێک، کە ژمارەی نیوترۆنەکانی جیاوازە، لە باری کیمیاییەوە زۆر هاوشێوەن، بەڵام یەکسان نین. کاریگەریی جووڵەی ئایزۆتۆپی پێوانی چۆنێتیی هەستیاری، کاردانەوەیەکی کیمیایی بە گۆڕانی ئەتۆمەکان لە سووکەوە بۆ قورس لە خۆ دەگرێت و وەک ڕێژەی نرخی کاردانەوە بینراوەکان لە ئایزۆتۆپی سووکەوە بۆ قورس هەژمار دەکرێت. بۆ نموونە ئەگەر ئاو H_2O لە ناو کاردانەوەیەکدا بێت، کەوابوو ئەتۆمەکانی هایدرۆجین بە پسمامەکانیان، دتریۆم یان تریتیۆم، جێگۆڕکێیان پێ دەکرێت بۆ ئەوەی T_2O یان D_2O دروست ببێت. ڕێک وەک پۆستچییە پاسکیلسوارەکەمان کاردانەوە - لەوانەیە یان لەوانە نییە هەستیار بێت - بە گۆڕینی ئەتۆمەکان، کە بەندە لەسەر ئەو ڕێچکەیەی کارلێککەرەکان دەگۆڕڕێن بە بەرهەم.

چەندین میکانیزم هەیە کە بەرپرسە لە گرنگیی کاریگەرییەکانی جووڵەی ئایزۆتۆپی، کە یەکێک لەوان بریتییە لە تونێللێدانی کوانتەمی، کە هاوشێوەی پاسکیلسواری بە شێوەیەکی بەرچاو هەستیارە بە بارستایی تەنۆلکەکە کە هەوڵ دەدات تونێل لێ بدات. بە بەرزبوونەوەی بارستایی ڕەفتاری تەنۆلکەکە کەمتر شێوەشەپۆل دەبێت و کەمتر لە بەربەستەکەوە دزە دەکات. هەر بۆیە بۆ نموونە بە

٢ بەرامبەرکــردنەوەی، واتە گــۆڕین لە هایــدرۆجینەوە بــۆ دتریــۆم ئەگەری تونێللێدان بە توندی دادەبەزێت.

دۆزیـنەوەی کـاریگەریی جـوولەی ئـایزۆتۆپی هەر بـۆیە بەڵـگەیە لەســـەر ئەوەی کە میکـــانیزمی کـــاردانەوە - ڕێچـــکەی نێـــوان کارلێککەرەکان و بەرهەمەکان - تونێللێدانی کوانتەمی لە خۆ دەگرێت. بە هەرحاڵ، ئەمە دڵنیاکەر نییە، چونکە لەوانەیە کاریگەرییەکە بدرێتە پـاڵ هەنـدێک کیمیـای کلاسـیکی (نـاکوانتەمی). بەڵام ئەگەر تونێللێدانی کـوانتەمی لەئـارادا بێـت، کەوابـوو کـاردانەوەکە دەبێـت وەڵامـدانەوەی تایبەتی بۆ پلەی گەرمیی هەبێت: نرخەکەی دەبێت بە دابەزاندنی پلەی گەرمی بگات بە ئاستێکی نەگۆڕ، ڕێک وەک چۆن دیڤاوڵت و چانس بۆ تونێللێدانی کوانتەمی شرۆڤەیان کرد. بە وردی ڕێک ئەو شتە بوو کە کلایـنمەن و تـیمەکەی بـۆ ئەنزیمـی ADH بینییـان؛ ئەنجـامەکە بەڵگەی بەهێز بوو لەسەر ئەوەی کە میکانیزمی کاردانەوە تونێللێدانی کـوانتەمی لە خـۆ دەگرێـت. گـرووپەکەی کلاینمـان بەڵـگەی زیاتریـان خسـتە سـەر ئەوەی کە تونێللێـدانی پرۆتینـی بە شـێوەیەکی بـاو لە کـاردانەوە ئەنزیمییەکانـدا لە جۆرەکـانی پـلەی گەرمیـدا کە ژیـان کـار دەکـات، ڕوو دەدات. چەنـدین گرووپــی تــر، وەک نیگـل سـکروتۆن (Nigel Scrutton) لە زانکـۆی مانچســتەر، هاوشــێوەی هەمــان تاقیکردنەوەیـان بۆ ئەنزیمـی تـر بە ئەنجـام گەیانـد و شـرۆڤەیان کـرد کاریگەرییەکـانی جـوولەی ئـایزۆتۆپی ئامـاژەیە بۆ بـوونی تونێللێدانی کـوانتەمی[١٧]. هێشـتا چـۆنێتیی ئەوەی ئەنزیمەکـان هاوبـاری کـوانتەمی دەپارێزن بۆ ئەوەی تونێللێدان بەرز ببێتەوە، بـابەتێکی گەنگەشـاوییە. زانـراوە کە ئەنزیمەکـان وەسـتاو نین و بە شـێوەی بەردەوام لە کـاتی

---

[17] Masgrau, J. Basran, P. Hothi, M. J. Sutcliffe and N. S. Scrutton, "Hydrogen tunneling in quinoproteins," Archives of Biochemistry and Biophysics, vol. 428: 1 (2004)

کاردانەوەدا دەلەرنەوە. بۆ نموونە قەپی ئەنزیمەکەی کولاجیناس هەموو کاتێک کە بەندێکی کۆلاجین دەپسێنێت، دەکرێتەوە و دادەخرێتەوە. وا بیر دەکرایەوە کە ئەم جوولانە بەشێکن لە میکانیزمی کاردانەوە یان گرتنی جەوهەرەکان لە خۆ دەگرێت و هەموو ئەتۆمە کارلێککەرەکان بە دروستی ڕێک دەخات. بە هەرحاڵ، توێژەرانی زیندەناسیی کوانتەمی ئێستا دەڵێن ئەم لەرینەوانە گوازەرەوەی جووڵەن کە ئەرکی سەرەتایی نزیککردنەوەی ئەتۆم و مۆلکیولەکان بە یەکتری ئەنجام دەدەن بۆ ئەوەی هەڵبدات بە تەنۆلکەکانیان (ئەلیکترۆنەکان و پرۆتۆنەکان) تا تونێلێدانی کوانتەمی ئەنجام بدەن[18]. ئێمە لە بەشی کۆتایی ئەم کتێبەدا، بۆ سەر ئەم بەشە دەگەڕێینەوە، کە یەکێکە لە سەرنجڕاکێشترین بوارە زۆر خێرا بەرەوپێشەوەچووەکانی زیندەناسیی کوانتەمییە.

ئایا ئەمە کوانتەم لە ناو زیندەناسیدا جێگیر دەکات؟

ئەنزیمەکان کاریگەری لەسەر هەر تاک زیندەمۆلکیولێک لە ناو هەر خانەیەکی زیندوودا کە دەژی یان ژیاوە، دادەنێن. هەروەها ئەنزیمەکان بە فاکتەرە حەیاتییەکان لە هەر شتێک نزیکترن. هەر بۆیە دۆزینەوەی ئەوەی کە هەندێک یان لەوانەیە هەموو ئەنزیمەکان، بەرزکردنەوەی ئەگەری گواستنەوەی تەنۆلکەکان لە خاڵێکەوە دەرکەوتنی لەپڕی خاڵێکی تر دیدێکی نوێمان سەبارەت بە سەرچاوەی ژیان دەداتێ. هەروەها زۆر بابەتی پەیوەندیدار بە ئەنزیمەکان هێشتا ماوە کە پێویستە باشتر تێیبگەین، وەک ڕۆڵی

---

[18] David R. Glowacki, Jeremy N. Harvey and Adrian J. Mulholland, "Taking Ockham's razor to enzyme dynamics and catalysis," Nature Chemistry, vol. 4 (2012), pp. 169–76.

جووڵەی پرۆتینی، هیچ گومان لەوەدا نییە کە تونێللێدانی کوانتەمی ڕۆڵێکی گرنگ لێرەدا دەگێڕێت.

تەنانەت پێویستە باسی ڕەخنەیەک بکەین کە هەندێک لە زانایان سەرەڕای پەژراندنی دۆزینەوەکانی کلاینمان، سکروتون و ئەوانی تر، بەڵام هێشتا دەڵێن کاریگەریی کوانتەمی پەیوەندیی بەم بابەتەوە نییە: ئەوان هەمیشە لەوێن، بەڵام پەیوەندییان بە تێگەیشتن لە شێوەی کارکردنی سیستەمەکەوە نییە. ئارگیومێتەکانیان زۆر جار لە کاتی گفتوگۆ لەسەر ئەنجامەکانی دیاردە کوانتەمییەکانی وەک تونێللێدان دێتە ئاراوە. ئارگیومێنتی ڕەخنەیی سەبارەت بەوەیە کە دیاردە کوانتەمییەکان لە پرۆسە کوانتەمییەکان بە ناچاری ڕوو دەدەن، چونکە کارلێکە بایۆکیمیاییەکان دەبێت لە ئاستی ئەتۆمیدا ڕوو بدەن. لە یەکەم تێڕوانیندا ئەوان ڕاستن. تونێللێدانی کوانتەمی سیحر نییە، ئەم دیاردەیە لە دەستپێکی گەردوونەوە هەبووە. بە دڵنیاییەوە ئەمە فێڵێک نییە بۆ ئەوەی کە بە ڕێگەیەک ژیان دابهێنێت. بەڵام هێشتا ئێمە بەڵگە دەهێنینەوە کە دەرکەوتنی لە چالاکیی ئەنزیمەکاندا لە ناو ناوەندێک بە هەلومەرجی گەرم و قەرەباڵغی ناو خانە زیندووەکانەوە، دوورە لە ناچاری.

بە بیرت بێتەوە کە خانە زیندووەکان بە شێوەیەکی سەرووئاسایی شوێنی قەرەباڵغن و چنگەخن کراون بە مۆلکیولە ئاڵۆزەکان، لە دۆخێکی بەردەوام پڕ لە زرموکوت و گێژاویدا، هاوشێوەی جووڵەی مۆلکیوڵیی تۆپەکانی شێوەبیلیارددا کە لە بەشی پێشوودا قسەمان لەسەری کرد و شەمەندەفەرەکانی هەڵم لە تەپۆلکەکانەوە سەردەخات. ئەگەر تۆ بە بیرت بێت، ئەمە بریتییە لە جۆرێک جووڵەی هەڕەمەکی کە هاوباری وردیی کوانتەمی بڵاو دەکاتەوە و تێکی دەدات و وا دەکات هەموو شتێکی ژیان بە شێوەیەکی نۆرماڵ بۆ ئێمە دەربکەوێت. وا چاوەڕێ ناکرێت کە هاوباریی کوانتەمی لە ناو ئەم گێژاوە مۆلکیوڵییەدا پارێزراو بێت، هەر بۆیە دۆزینەوەی

کــاریگەرییە کوانتەمییەکــانی وەک تونێللێــدان لە نــاو دەریــایەکی مۆلکیــولّیی پــڕ لە پشــێوی بە نــاوی خــانەی زینــدوو زۆر جــێگەی سەرسووڕمانە. دوای هەموو ئەمانە، تەنها ١٠ ساڵ یان تۆزێک زیاتر لەوەوپــێش بــوو کە زۆرترینــی زانایــان ئەوەیــان لە مێشــکی خۆیــان دەرکردبــوو کە تونێللێــدان و دیــاردە کــوانتەمییە ســەیرەکانی تــر لە زیندەناسیدا هەبێت. ڕاسـتییەکەی ئەوان وایـان دەزانـی لەم ناوەنداندا پێشنیاز دەکرێت ژیان دەبێت پێوانی تایبەتیی بۆ ئەنجام بدرێت تـا ئەو ئەنجامـانە دەسـت بخـات کە جیهـانی کـوانتەمی پێشـنیازی دەکـات بـۆ ئەوەی کــارەکە بگــات بە ئەنجــام. بەڵام چــی پێوانێــک؟ چــۆن ژیــان دوژمــنەکەی ڕەفتــاری کــوانتەمی، واتە دابــاری (decoherence) چارەسەر دەکات؟ ئەمە یەکێکە لە گەورەترین نهێنییەکانی زیندەناسـی، وەک لە بەشــی کۆتاییــدا باســی دەکەیــن، ئەم نهێنییــە بەرە بەرە و بە هێواشی دەکرێتەوە.

بەڵام پــێش ئەوەی لێــرە بــڕۆین، ئــێمە دەبێــت بگەڕێینەوە بـۆ ئەو شــوێنەی ژێردەریــاییە نانۆییەکەمــان بەجــێ هێشــت: لە شــوێنە چــالاکەکەی ئەنزیمــی کۆلاجینــاس لە نــاو کلــکە بزربــووەکەی ســەرەمێکوتە. ئێمە بە خێرایی لە شـوێنە چالاکەکە هەر کە دەمەکـانی کرایەوە، دێینە دەرەوە، لێ دەگەڕێین با زنجیرەی کۆلاجینەکە بپسـێت (بە ئێمەشەوە!) و بە ئازادی ئەنزیمە شێوەسەدەفەکە بەجێ بهێڵێت کە ئامادەیە بلکێت بە نزیکترین بەندی پیپتاید لە زنجیرەکەدا. لە دواییدا پشــکنینێکی کــورت دەکەیــن لە نــاو بەشــەکانی تــری جەســتەی سەرەمێکوتەکەدا بۆ ئەوەی چالاکییە ڕێکوپێکەکانی چەندین ئەنزیمی تـر ببینـین کە بـۆ ژیـان زۆر گـرنگن. لەگەڵ کـۆچی خانەکـان لە کلـکە گوشارەوەکەوە و گەشـەی ڕانەکـان، ڕیشـاڵی کۆلاجینی نـوێ دەبینـین کە بەرەو خوارەوە ڕایەڵ دەبن، هاوشـێوەی ڕێڵەکـانی ڕێگەی ئاسـن، تــا دروســتبوونی لەشــی بــۆقە بــاڵغەکە ڕابگــرن، زۆربەی کــات لە خانەکـانی کلـکە بزربـووەکەوە کـۆچ دەکەن. ئەم ڕیشـاڵە نوێیـانە بە

هۆی ئەو ئەنزیمانەوە دروست دەبن کە نیمچەیەکەکانی ترشەکانی ئامینۆی دەرچوو بە هۆی کۆلاجیناسەوە دەڕفێنن و پێکەوە گرێی دەدەن، بۆ ئەوەی ڕیشاڵی کۆلاجینیی نوێ دروست بکەن. هەرچەندە ئێمە کاتی پێویستمان نییە بۆ ئەوەی بچینە ناو ئەم ئەنزیمانەوە لە ناو سایتە چالاکەکاندا هەمان جۆر جووڵەی سەما کە ئێمە لە ناو ئەنزیمی کۆلاجیناسدا بینیمان، هەیە، بەڵام ئێستا کاردانەوەی پێچەوانە دەبێت. جگە لەوە هەموو بایۆمۆلکیولەکانی ژیان- چەورییەکان، DNA، ترشەکانی ئامینۆ، پرۆتینەکان، شەکرەکان بە هۆی ئەنزیمەکانی ترەوە دروست دەبن و بە کار دەهێنرێن. هەروەها هەر کردارێک کە بۆقی باڵغ ئەنجامی دەدات، بە هاوشێوەیی لە لایەن ئەنزیمەکانەوە ئەنجام دەدرێت. بۆ نموونە کاتێک ئاژەڵەکە مێشێک دەبینێت، نیشانەکانی هەستەدەمار کە هەڵگری پەیامە، لە چاوەکانییەوە بۆ مێشکی بە هۆی پۆلێک لە ئەنزیمگوازەرەوەکانی هەستەدەمار دەخرێتە ناو خانەکانی هەستەدەمارەوە، دەچێت. کاتێک زمانی دێتە دەرەوە، گوشرانی ماسولکەیی کە مێشەکە، ڕادەکێشێت، بە هۆی ئەنزیمێکی ترەوە دەکەوێتە کار، کە پێی دەگوترێت میوسین، کە دەچێتە ناو خانە ماسولکەییەکانەوە، کە دەبێت بە هۆی ئەوەی ئەو خانەیە بگوشرێت. کاتێک مێشەکە دێتە ناو گەدەی بۆقەکەوە، گرووپێکی تەواو لە ئەنزیمەکان ئازاد دەبن بۆ خێراکردنی هەرسکردن و ئەو ئازادکردنی ئەو مادە خۆراکییەی کە دەکرێت هەڵبمژرێت. هێشتا ئەنزیمی زیاتر لەئارادان بۆ گواستنەوەی مادە خۆراکییەکان بۆ ناو خانەکانی شانە یان وەرگرتنی وزەکانیان بە ڕێگەی ئەنزیمەکانی هەناسەدانی خانەیی کە لە ناو ئەندامۆکەکانی میتۆکۆندریال خانەکەدا.

هەر چالاکییەکی ژیانی بۆقەکان یان ئۆرگانیزمە زیندووەکانی تر، هەر پرۆسەیەک کە ژیانی ئێمە و ئەوان دەپارێزێت، بە هۆی ئەنزیمەکانەوە تاو دەدرێت، بزوێنەرەکانی ژیان، کە توانای خێراکەرەوەی سەرووئاساییین، بە هۆی توانایییەکەیانەوە لە

سەماپێکردنی جوولەی تەنۆلکە بنچینەییەکان و بە ڕێگەی بە قوولّی چوونە ناو جیهانی کوانتەمی، بۆ تەیاربوونە بە یاسا سەیرەکانی.

بەڵام تونێللیّدان بریتی نییە لە تەنها توانایی بەردەم ژیان لە ڕێگەی میکانیکیی کوانتەمییەوە. لە بەشی دواتر دەبینین کە کاردانەوەی کیمیایی کاریگەر لە بایۆسفەردا فیڵێکی تری جیهانی کوانتەمیی لە خۆ گرتووە.

٤

لێدانی کوانتەمی

"جەوهەری درەخت کاربۆنە، دەزانیت لە کوێوە دێت؟ لە هەواوە دێت؛ لە دوانەئوکسایدی کاربۆنی هەواوە. خەڵک سەیری درەختەکان دەکەن و دەزانن [جەوهەری درەختەکان] لە زەوییەوە دێت؛ ڕووەکەکان لە زەوی دەڕوێن. بەڵام ئەگەر تۆ پرسیار بکەیت 'جەوهەرەکەی لە کوێوە دێت؟' دەبینیت... درەخت لە هەواوە دێت... دوانەئوکسایدی کاربۆن و هەوا دەچنە ناو درەختەکەوە و ئەو دەیانگۆڕێت و ئوکسیجن دەردەدات.. ئێمە دەزانین کە ئوکسیجن و کاربۆن [لە شێوەی دوانەئوکسایدی کاربۆن] بە توندی پێکەوە لکاون... ئایا چۆن درەخت ئەمە بە ئاسانی ئەنجام دەدات؟ ئەوە ڕووناکیی خۆرە کە دێتە خوارەوە و کاربۆن لە ئوکسیجن دەکاتەوە... کاربۆن و ئاو دەمێننەوە بۆ ئەوەی جەوهەری درەخت دروست بکەن!"

ڕیچارد فاینمەن، لە زنجیرەی لە یارییەوە بۆ وێنەکردن، تەلەڤیزیۆنی بی بی سی، ئاگر (١٩٨٣)[١٩]

---

[١٩] ناونیشان لەسەر یوتیوب:

ئەنسـتیتۆتی تەکنەلۆجیـای ماساچوسـێت، کە ناسـراوە بە MIT، یەکـێکە لە بـنکە بەهێزەکـانی زانسـتی جیهـانی. لە سـاڵی ١٨٦١دا لە کەمبریجی ماساچوسێت بونیاد نرا، ٩ براوەی درەوشـاوەی نۆبێـل لە ناو هەزاران پرۆفیسـۆردا (لە ٢٠١٤دا) لەم زانکۆیەدان. دەرچووەکانی بـڕیتین لە فەزاڤانەکـان (١ لەسـەر ٣ی فـڕینە فەزاییەکـانی ناسـا دەرچوانی MIT ڕێکی دەخەن)، سیاسـەتمەدارەکان (بە کۆفی ئەنـان، سکرتێری گشـتیی پێشـووی نەتەوە یەکگرتووەکان و براوەی خەڵاتی ئاشتیی نۆبێلی ٢٠٠١یشـەوە) وەبەرهێنەرەکان وەک ویلیام ڕیدینگتن هیولیت، هاودامەزرێنەری هەولت پەکارد - هەڵبەت ژمارەیەکی زۆر زانـا، بەوانەشـەوە کە بـراوەی خەڵاتـی نـۆبێلن - یەک لەوان ڕیچـارد فـاینمەن دیـزاینەری ئەلیکترۆداینـامیکیی کـوانتەمی. بەڵام یەکێـک لە دانیشـتوانە بەرجەسـتەکەی مـرۆڤ نیـیە، لە ڕاسـتیدا ڕووەکـێکە؛ درەختێکی سێو. لە باخی سـەرۆکایەتی گەشـەی کردووە، لە سێبەری تاقی پانسیۆنسیک هیمای پەیمانگەکە کە لە درەختێکی ترەوە لە بـاخی ڕووەکناسـیی شـاهانەی ئینگلـتەرا، بـڕراوە، کە نەوەی ئەو درەخـتە ڕاستەقینەیەیە کە گریمانە دەکرێت ئیسـحاق نیوتنی لە بندا دانیشـتبێت، ئەو کاتەی کە بینیی سێوە بەناوبانگەکەی بەربووەوە. پرسـیارە سـادە بەڵام قووڵەکە کە نیوتن کاتێک لە ژێر درەختەکە لە بـاخەکەی مـاڵی دایکی دانیشتبوو ٣ سەدە و نیو لەوەوپێش بیری لێ کردبووەوە، ئەمە بوو: "بۆچی سـێوەکە بەردەبێتەوە؟" دیـارە لەوانەیە تۆزێک ڕەق بێت بڵێـین کە وەڵامەکەی هەمـوو فیزیـای ژێـرەوڕوو کـرد، لە ڕاسـتیدا هەموو زانست دەکرا ناتەواو بێت، بەڵام لایەنێکی پرسـیارەکە هەیە کە نیوتن زۆر سەرنجی نەدایە و تـا ئێسـتاش هەر وا مـاوەتەوە: سێوەکە چـۆن گەیشـتووەتە ئەو سـەر دارە؟ ئەگەر تـاوگرتنی سـێوێک بەرەو زەوی مەتەڵ بـوایەت، ئایـا سـەیرتر و قورسـتر بـۆ شـیکردنەوە،

---

http://www.youtube.com/watch?v=ITpDrdtGAmo

یەکگرتنی ئاووهەوای لینکۆلنشایرە بۆ ئەوەی شتێکی شێوەگۆ دروست ببێت و بلکێت بە لقی درەختەکەوە، نییە؟ بۆچی نیوتن سەری سوورمابوو لە بابەتێکی ئاسایی وەک ڕاکێشانی کێشکردنی زەوی و بە تەواوەتی چاوپۆشیی کردبوو لە مەتەڵی زۆر ئاڵۆزی دروستبوونی میوەکە لە یەکەم شوێندا؟ فاکتەرێک کە لەوانەیە ڕوونی بکاتەوە بۆچی نیوتن گرنگیی بەمە نەداوە، لەوانەیە بگەڕێتەوە بۆ دیدگای زاڵ لە سەدەی ١٧، کە هەرچەندە وا دادەنرا مەشینە بێگیانەکانی هەموو تەنەکان، تەنانەت بە زیندووەکانیشەوە، لەژێر فەرمانڕەوایی یاساکانی فیزیادا بن، بەڵام داینامیکە ناوەوەییە تایبەتەکە (کە لەگەڵ شتەکانی تردا دیاریی دەکات سێو گەشە بکات) لە هێزێکی ژیانییەوە دەهات بە ناوی ئیلان فیتال (élan vital) کە سەرچاوەکەی سروشتبەدەرێک بوو کە یاساکانی ماتماتیک بۆی نەبوو دەستی بیگاتێ. بەڵام وەک چۆن پێشتر بینیمان ڤیتالیسم لە ئەنجامی پێشکەوتنەکان لە زیندەناسی، جینێتیک، بایۆکیمیا و مۆڵکیولار بایۆلۆجی دوور خرایەوە. هیچ زانایەکی گرنگ لە ئەمڕۆدا گومانی لەوە نییە کە ژیان دەکرێت لە چوارچێوەی ژیاندا هەژمار بکرێت، بەڵام پرسیارێک دەمێنێتەوە بریتییە لەوەی کام زانست دەکرێت زۆرتر حیسابی بۆ بکرێت. سەرەڕای گوتە ئەلتەرناتیڤەکانی زانایانی وەک شرۆدینگێر، زۆرترینی زیندەناسەکان هێشتا بڕوایان وایە یاساکانی کلاسیک بەسە، بە هێزەکانی نیوتن کە کار دەکاتە سەر تۆپ و دارەکانی بایۆمۆڵکیوڵەکان کە هاوشێوەی تۆپ و دار بە باشی ڕەفتاردەکەن. تەنانەت ڕیچارد فەینمان یەکێک لە میراتگرە فیکرییەکانی شرۆدینگێر، ڕۆشنەپێکهاتنی بە شێوەیەکی کلاسیکی شرۆڤە دەکرد: "تیشکی خۆر دێتە خوارەوە، دەکەوێت لە ئۆکسیجن و لە کاربۆنی دەکاتەوە." (لەو پەرەگرافەی کە لە سەرەتای بەشەکەدا دانراوە) وەک ئەوەی ڕووناکی شتێک بێت وەک داری گۆڵف و ئۆکسیجن تۆپێکی گۆڵف بێت لە مۆڵکیوڵی دوانەئۆکسایدی کاربۆن دەردەچێت.

زیندەناسیی مۆلکیولی و میکانیکیی کوانتەمی لەجیاتیی هاوکاری، بە شێوەی هاوڕێک پەرەیان سەند. زیندەناسەکان خۆیان بە دوور دەگرت لە وانەکانی فیزیا و فیزیاییەکان زۆر بە کەمی سەرنجیان دەدایە زیندەناسی. بەلام لە ئاپریلی ٢٠٠٧دا، گرووپێکی فیزیایی و ماتماتیکی لە زانکۆی MIT کە کاریان لەسەر بوارێکی ئالۆز بە ناوی تیۆریی زانیاریی کوانتەمی دەکرد، سەردانی شوێنەکانی جۆرنالیان دەکرد (هەر کام لە ئەندامەکان سەیری وتارە نوێیەکانیان دەکرد کە لە جۆرنالە زانستییەکاندا بلاو دەبووەوە). ڕۆژێک یەکێک لە ئەندامانی گرووپەکە کۆپییەکی نیویۆرک تایمزی پێ دەبێت کە وتارێکی تێدایە پێشنیاز دەکات ڕووەکەکان کۆمپیوتەری کوانتەمی بن (زیاتر لەسەر ئەم مەشینە سەرنجراکێشە لە بەشی ٨دا باس دەکەین). گرووپەکە دەستیان بە پێکەنین کرد. یەکێک لە ئەندامانی گروپەکە بە ناوی سیس لۆید ئەمەی ناو نابوو هانکی - پانکیی کوانتەمی، ئێمە بە ڕاستی وا بیرمان کردەوە ئەمە شێتییە... ئەمە هاوشێوەی ئەمە بوو: "ئەمە شێتانەترین شت بوو کە لە هەموو ژیانمدا بیستبێتم!"[٢٠] هۆی ئەم دوودڵییە دەگەڕایەوە بۆ ئەوەی ژمارەیەکی زۆر لە بەرجەستەترین و دەوڵەمەندترین گرووپەکان لە سەرانسەری جیهاندا دەیان ساڵ بوو هەوڵیان دەدا تێبگەن چۆن کۆمپیوتەری کوانتەمی دروست دەبێت، مەشینێک کە دەکرا زۆر خێراتر و بە چوستیی زۆر بەرزتر لە بەهێزترین کۆمپیوتەرەکان کە لە جیهاندا هەیە، هەژمارکردنە دیاریکراوەکان ئەنجام بدات (چونکە لەجیاتیی بەندبوون لەسەر بیتە دیجیتاڵییەکان کە بریتین لە هەر کام لە 0 و 1، هەلی ئەوە هەیە هەردووی 0 و 1 هاوکات بە کار بهێنرێن، هەر بۆیە توانای ئەوەی هەیە هەموو هەژمارکردنە مومکینەکان بە شێوەی هاوکات ئەنجام

---

[٢٠] چاوپێکەوتن لەگەڵ CBCNews، لەم لینکەدا دەکرێت ببینیت:

http://www.cbc.ca/news/technology/quantumweirdness-used-by-plants-animals-1.912061.

بدات- بە شێوەی پرۆسەی هاوڕێک). وتارەکەی نیویۆرک تایمز دەیگوت گەلایەکی ناچیزە توانای ئەوەی هەیە، ئەو هەژمارکردنانە ئەنجام بدات کە دەکەونە ناو دڵی هەژمارکردنی کوانتەمییەوە. هەر بۆیە جێگەی سەرسوورمان نەبوو توێژەرەکانی MIT گومانیان هەبێت. ئەوان لەوانە بوو توانای ئەوەیان نەبێت کۆمپیوتەرێکی کوانتەمی دروست بکەن، بەڵام ئەگەر وتارەکە ڕاست بێت ئەوان یەکێکیان لە زەلاتەی نیوەڕۆدا خواردووە!

لەم کاتەدا نەک زۆر دوور لە ژووری کلوپی MIT، کە بە کوانتەم پێدەکەنین، فۆتۆنێکی ڕووناکی بە خێرایی ١٨٦٠٠٠ مایل لە چرکەدا بەرەو درەختێک بە ئەسڵ و نەسەبێکی ناسراوەوە دەچوو.

نهێنیی ناوەندیی میکانیکیی کوانتەمی

ئێمە دەگەڕێینەوە بۆ ئەو فۆتۆنە و بۆ ئەو درەختە بە کورتی و چۆنێتیی ئەوەی لەوانەیە پەیوەندی بە جیهانی کوانتەمەوە هەبێت، بەڵام سەرەتا پێویستە ئاشنا ببیت بە تاقیکردنەوەیەکی سادەی جوان کە هۆی سەیربوونەکەی جیهانی کوانتەمی لە ڕاستیدا دەردەخات. هەر کاتێک ئێمە بمانەوێت واتای بیرکردنەوەی سەریەککەوتنی کوانتەمی بکەین، هیچ شتێک باشتر نییە لە تاقیکردنەوە دووکەلەبەرییەکە، کە لێرەدا شرۆڤەی دەکەین.

ئەوەی تاقیکردنەوەی دووکەلەبەری دەیبەخشێت، بریتییە لە سادەترین و تەواوترین شرۆڤە لە چوونە ناو جیهانی کوانتەمی و پیشانی دەدا هەموو شتێک جیاوازە. تەنۆلکە دەکرێت هەندێک جار وەک شەپۆل ڕەفتار بکات و هەندێک جار وەک تەنۆلکەی شوێنگرتووی تاک. تۆ پێشتر بەرکەوتنت لەگەڵ دووسروشتیی (wave-particle duality) شەپۆل - تەنۆلکە هەبوو: لە بەشی سەرەتادا تایبەتمەندییەکە، کە پێویستە بۆ ئەوەی خۆر وزە دەربدات و لە بەشی ٣دا بینیمان چۆن تایبەتمەندییە شەپۆلییەکانی ئەلیکترۆن و

فۆتۆن هەلیان دەداتێ تا لە بەربەستی وزەی ناو ئەنزیمەوە تێبپەڕێت. هەروەها لەم بەشەدا دووسروشتیی شەپۆل تەنۆلکە دەبینیت، ئەمیش لە زۆرترینی کاردانەوە زیندەکیمیاییەکانی ناوچەی زیندەناسیدا هەیە: گۆڕانی هەوا و ئاو و ڕووناکی بە ڕووەک، میکرۆب و بە شێوەی ناڕاستەوخۆ هەموو ئێمەش. بەڵام سەرەتا دەبێت ببینین چۆن ئەم ئایدیا سەیرە کە دەکرێت تەنۆلکەکان لە یەک ساتدا لە زۆر شوێن هەبێت، بە سادەترین و جوانترین بەڵام بە تاقیکردنەوەیەک کە زۆر لەوەوپێش ئەنجام دراوە، پیشان بدەین: تاقیکردنەوەکە بە گوتەی ریچارد فاینمەن، "لە دڵی میکانیکیی کوانتەمیدایە".

بە هەرحاڵ، دەبێت ئاگادار بیت ئەوەی لێرەدا شرۆڤە دەکرێت وا دەردەکەوێت نامومکین بێت و لەوانەیە هەست بکەیت کە زیاتر لە یەک ڕێگەی ژیرانەیە بۆ شرۆڤەی ئەوەی چی ڕوو دەدات. تۆ لەوانەیە سەرت سووڕبمێنێت کە فێڵ و سیحرێک لەئارادایە. یان تۆ لەوانەیە وای دابنێیت کە ئەم تاقیکردنەوەیە تەنها بیرکردنەوە و خەیاڵی ئەو زانایانەیە کە هەڵگری وێنای دروست سەبارەت بە کارکردنی سروشت نین. بەڵام هیچ کام لەم لێکدانەوانە ڕاست نین. تاقیکردنەوەی دووکەلەبەری ئاسایی نییە، بەڵام ڕاستەقینەیە و هەزاران جار ئەنجام دراوە.

ئێمە تاقیکردنەوەکە بە ٣ قۆناغ شرۆڤە دەکەین: دوانی یەکەم تەنها کۆمەڵەیەک پەردەی شانۆییە کە دواتر تۆ دەتوانیت ئەنجامە سەیرەکانی قۆناغی سەرەکی، واتە قۆناغی ٣ی پێ تێبگەیت.

سەرەتا گورزەیەکی ڕووناکیی تاکڕەنگ (پێکهاتوو لە ڕەنگێکی تەنها یان درێژەشەپۆلێک) دەکەوێت لە پەردەیەک بە دووکەلەبەری تەسکەوە، کە ئەو هەلەمان دەداتێ تا ڕووناکییەکە تێپەڕ ببێت و بکەوێت لە پەردەی دووەم (وێنەی ٤:١). بە وردی کۆنترۆڵکردنی پانی کەلەبەرەکان، دوورییەکانیان لە یەکتری و مەودای نێوان ٢ پەردەکە،

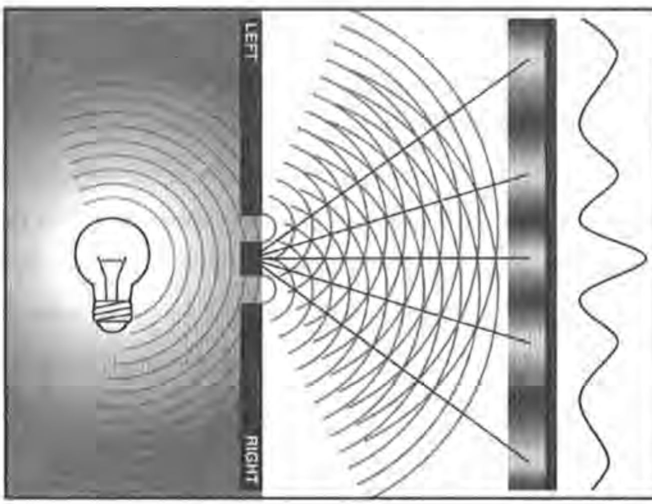
ئـێمه دەکرێـت زنجیـرەیەک بەنـدی تاریـک و ڕوون لەسـەر پەردەی دووەم دروست بکەین کە ناسراوە بە شێوازی بەیەکداچوون.

شـێوازە بەیەکـداچوونەکان واژۆی شـەپۆلەکانن و بە ئاسـانی دەکرێـت لە هەر ناوەنـدێکی شـەپۆلیدا ببینرێـت. فڕێـدانی بەردێکـی بچـووک بۆ نـاو حەوزێکـی ئـاو دەبێت بە هـۆی کـۆمەڵەیەک بـازنەی هاوناوەنـد دروسـت ببێـت کە بەرەو دەرەوەی ئەو خـاڵە دەچـن کە شڵپەی لـێ هەسـتاوە. بە فڕێدانی ٢ بەردی بچـووک بـۆ نـاو هەمـان حەوز، هەر کام لە بەردەکان شەپۆلی هاوناوەندیی تـایبەت بە خۆیـان دروسـت دەکەن، بەڵام لەو شـوێنەی شـەپۆلەکان دەکەون لە یەکتـری، دەکرێت شێوازی بەیەکداچوون ببینرێت (وێنەی ٢:٤). لەو شـوێنەی کە بەرزیـی شـەپۆلێک دەکەوێـت لە نزمیـی شـەپۆلێکی تـر، یەکتـری دەسـڕنەوە، لە ئەنجامـدا هـیچ شـەپۆلێک لەو خـاڵەدا نابێـت. بەمە دەگوترێت بەیەکداچوونی تێکدەر. بە پێچەوانەوەوە، لێرەدا ٢ بەرزی یان ٢ نزمی دەگەن بە یەکتری، یەکتری بەهێز دەکەن و شـەپۆلەکە ٢ بەرامـبەر دەکەنەوە کە پێی دەگوترێت بەیەکداچوونی بونیـادنەر. ئەم شێوازەی سڕینەوە و بەهێزکردنی شەپۆل دەکرێت لە هەر ناوەندێکدا دروست بکرێت. لە ڕاستیدا ئەمە ڕوونکردنەوەی فیزیـایی ئینگلتەرایی تۆمـاس یەنـگ بـۆ گورزەکـانی بەیەکـداچوو، لە ڤێرژنێکـی سـەرەتایی تـاقیکردنەوەی دووکەلەبەری لە نزیکەی ٢ سـەدە لەوەوپێش بـوو، کە باوەڕی بە زانایانی تر هێنا کە ڕووناکیی شەپۆلە.

بەیەکـداچوونی پیشـاندراو لە تـاقیکردنەوەی دووکەلەبەریـی یەکەم بە هـۆی ئەوەوەیە کە شـەپۆلی ڕوونـاکی لە دووکەلەبەرەوە تێـپەڕ دەبێـت و لە دواییـدا بـڵاو دەبێـتەوە، تایبەتمەنـدییەک کە ناسـراوە بە پەرشـــــبوونەوە (Difraction). کەوابـــــوو ئەو گـــــورزانەی لە دووکەلەبەرەکە دەردەچـن، پـێش ئەوەی بـگەن بە پەردەکە، دەکەونە سەریەک و بەیەکدا دەچن، ڕێک وەک ئەوەی ئـاو ئەنجـامی دەدات. لە هەندێک خاڵی دیـاریکراو لەسـەر شاشـەکەدا ئەو شـەپۆلە ڕووناکییەی

که سەرچاوەکەی دووکەلەبەرەکەیە، بە شێوەی هاوڕگە (in phase) دەگەن بە یەکتری، کە بەرزییەکان و نزمییەکان بە شێوەی هاوهەنگاون، چونکە هەر کام لەوان هەمان مەودا دەبڕن تا دەگەن بە شاشەکە یان چونکە جیاوازیی نێوان مەودا بڕراوەکان یەکسانە بە کەڕەتکردنی ژمارەیەکی دروست لە مەودای نێوان بەرزییەکان. لەو شوێنەی ئەمە ڕوو دەدات، بەرزی و نزمییەکانی شەپۆلەکە پێکەوە کۆ دەبنەوە بۆ دروستکردنی بەرزیی بەرزتر و نزمیی نزمتر: بەمە دەگوترێت بەیەکداچوونی دروستکەر. شەپۆلە کۆوەبووەکان ڕووناکی بە توندیی بەرزترەوە لەم خاڵانەدا دروست دەکەن و خاڵی ڕووناک لەسەر شاشەکەدا دروست دەکەن. بەڵام لە خاڵەکانی تردا، ڕووناکیی گەیشتوو لە کەلەبەرەکانی دەرەوەی ڕەوگەن (Out of Phase)، لەو خاڵانەی بەرزیی شەپۆلێک دەگات بە نزمیی شەپۆلێکی تر. لەم خاڵانەدا شەپۆلەکان یەکتری دەسڕنەوە، ئەنجامەکەی خاڵی تاریکە لەسەر پەردەکە: بەیەکداچوونی ڕووخێنەر. لە نێوان ئەم ٢ ئاستە لێکدانەدا ئەوانە هەن کە نە بە تەواوی لە ڕەوگەن و نە بە تەواوی لە دەرەوەی ڕەوگە و هەندێک لە ڕووناکییەکە دەرباز دەبێت. هەر بۆیە زنجیرەیەکی تیژ لە بەندی تاریک و ڕوون لەسەر پەردەکە نابینین، بەڵکو گۆڕانێکی نەرم لە توندیدا لە نێوان ئەوەی پێی دەگوترێت کەمترین و ئەوەی پێی دەگوترێت زۆرترین، لە شێوازی بەیەکداچوون دەبینین. ئەم گۆڕانکارییە نەرمە شێوەشەپۆلە لە توندیدا بریتییە لە پیشاندەرێکی سەرەکیی دەیاردە شەپۆلییەکان. نموونەیەکی ئاشنا لە شەپۆلەکانی دەنگدایە: موزیکژەنێک ئامێرێک ڕێک دەخات و گوێ لە لێدانەکان (beats) دەگرێت (ئەمانە بریتین لە بەرزونزمی لە قەبارەدا - جۆرێک پرتە - دروست دەبێت بە هۆی ٢ نۆتە کە بە نزیکەیی هەمان لەرەلەریان هەیە و بەم ڕێگەیە بە نزیکەیی هاوبەزمن. ئەم بەکارهێنانەی لێدان نابێت تێکەڵ بکرێت لەگەڵ بەکارهێنانێکی باوتر کە لە موزیکدا بە واتای ڕیتمە (Rythm). ئەمە کاتێک ڕوو دەدات کە لەرەلەری نۆتەیەک زۆر نزیک

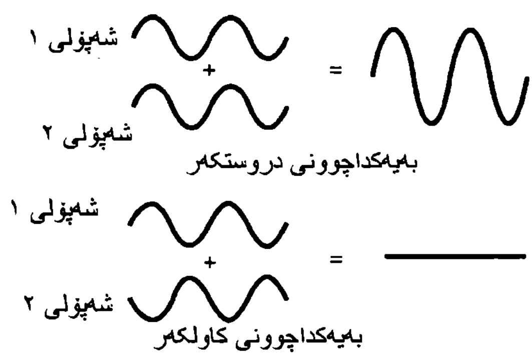
بـن لە یەکتـری و ئەوان دەگەن بە گـوێی مـوزیکژەنەکە، هەنـدێک جـار هــاورِەوگەن و هەنــدێک جــار لە دەرەوەی ڕەوگەن. ئەم گۆڕانکــارییە ئـاوێتەییە شـێوازێک لە هەنـدێک دەنگ دروسـت دەکـات کە بە شـێوەی ڕێکوپێـک هەنـدێک جـار بەرز دەبـنەوە و هەنـدێک جـار دادەبەزن. ئەم گۆڕانکـارییە نەرمە لە تونـدیی دەنگدا بە هـۆی بەیەکداچوونی نێـوان ٢ شــەپۆلی جیــاوازدایە. سـەرنج بــدەن کە ئەم لێــدانانە بە تەواوەتــی نموونەی کلاسیکین کە پێویستیان بە لێکدانەوەی کوانتەمی نییە.



وێنەی ٤:١

تاقیکردنەوەی دووکەلەبەری، قۆناغی ١: کاتێک ڕووناکیی تاکرەنگ (کە درێژەشـەپۆلەکەی دیـاریکراوە) دەکەوێـت لە دووکەلەبەرەکە، هەر کـام لە کەلەبەرەکـان لە دیـوەکەی تـر دەبێت بە سـەرچاوەیەکی نـوێی ڕوونـاکی و چـونکە سروشـتی شێوەشـەپۆلی هەیە، ڕوونـاکی پەخـش دەبێـتەوە (پەرش دەبێـتەوە) زنجیـرەی شـەپۆلە بازنییەکـانی دەکەونە سـەر یەکتـری و دەچـن بە یەکتریـدا و لە ئەنجامـدا خـاڵە تاریـک و ڕوونەکان لەسەر شاشەکەی پشتەوە دروست دەبێت.

فاکتەری سەرەکی لە تاقیکردنەوەکە بریتییە لەوەی کە گورزەی ڕووناکی کە دەکەوێت لە پەردەی یەکەم، دەبێت تاکڕەنگ بێت (واتە هەڵگری ١ درێژەشەپۆل بێت). بە پێچەوانەوە، ڕووناکیی سپی، وەک ڕووناکیی ئاسایی گڵۆپێک، پێک هاتووە لە ژمارەیەکی زۆر درێژەشەپۆل (هەموو ڕەنگەکانی کۆلکەزێڕینە)، هەر بۆیە ئەو شەپۆلانەی دەگەن بە پەردەکە تێکەڵوپێکەڵ دەبن. لەم بارەدا هەرچەندە بەرزییەکان و نزمییەکان هێشتا لەگەڵ یەکتریدا بەیەکداچوون دەکەن، شێوازی بەرئەنجام زۆر ئاڵۆز دەبێت و هیچ بەندێکی جیاواز ناکرێت لەوانی تر جیا بکرێتەوە. بە ڕێگەیەکی هاوشێوە، هەرچەندە ئاسانە شێوازی بەیەکداچوون کاتێک ٢ بەردی بچووک بخەینە ناو حەوزی ئاوەوە دروست بکرێت، بەڵام کاتێک شڵپەی گەورە لە حەوزەکەدا دروست بکەین، ژمارەیەکی زۆر شەپۆل دروست دەبێت کە نامومکین دەبێت هیچ شێوازێکی بەیەکداچوونی هاوبار بدۆزرێتەوە.



وێنەی ٤:٢

شەپۆلەکانی بەیەکداچووی دروستکەر و کاولکەر

ئێستا بۆ قۆناغی ٢ی تاقیکردنەوەی دووکەلەبەری کە لەجیاتیی ڕووناکی بە هاویشتنی گوللە بەرەو پەردەکە ئەنجامی دەدەین. جیاوازییەکە لێرەدا بریتییە لەوەی لەجیاتیی شەپۆلی بڵاوەبوو، تەنۆلکەی ڕەق بە کار دەهێنین. کەوابوو هەر گوللەیەک دەبێت لە یەکێک لە کەلەبەرەکانەوە تێبپەڕێت نەک لە هەردووکیانەوە. بە ژمارەیەکی پێویست گوللە کە دەبێت لەو کونانەوە تێبپەڕێت، دەبینین کە لە پەردەی پشتەوەدا لە ٢ شوێندا گوللەکان خڕ دەبنەوە و کونی گوللە دروست دەبێت، کە بەرامبەری دووکەلەبەرەکەیە (وێنەی ٤:٣). بە ڕوونی ئێمە سەروکارمان لەگەڵ شەپۆلەکان نییە و هەر گوللەیەک تەنۆلکەیەکی سەربەخۆیە و پەیوەندیی بە گوللەکەی ترەوە نییە، هەر بۆیە هیچ بەیەکداچوونێک لەئارادا نابێت.

ئێستا بۆ قۆناغی سێیەم: فێڵی سحریی کوانتەمی. تاقیکردنەوەکە دووبارە دەکەینەوە، بەڵام لەجیاتیی گوللە، ئەتۆم بە کار دەهێنین. سەرچاوەیەک کە دەکرێت گورزەیەکی ئەتۆم دروست بکات و بیهاوێژێت، بەرەو شاشەیەک بە دووکەلەبەری تەنکەوە (کەلەبەرەکان بە ڕاستی پێویستە زۆر تەنک بن و زۆر نزیک بن لە یەکتری. لەو تاقیکردنەوانەی کە لە ساڵانی ١٩٩٠دا ئەنجام دران، پەردەکە بریتی بوو لە توێیەکی تەنکی زێڕ و قەبارەی پانی کەلەبەرەکان ١ میکرۆمەتر بوون (١ هەزارەمی میلیمەترێک)) بۆ هەستکردن بە گەیشتنی ئەتۆمەکان، دووەم شاشە بە هەڵگری توێیەکی فۆتۆلومینی سێنتە (photoluminescent)، کە لەگەڵ بەرکەوتنی هەر ئەتۆمێکدا دەبریسکێتەوە.

ئەگەر بەپێی ژیریی باو بۆ ئاستی میکرۆسکۆپی بیر بکەینەوە، کەوابوو ئەتۆمەکان دەبێت تا ڕادەیەکی زۆر وەک گوللە ڕەفتار بکەن. تاقیکردنەوەکە دەخەینە کار و سەرەتا تەنها کەلەبەری لای چەپ بە کراوەیی دەهێڵینەوە و بەندێک لە خاڵە ڕووناکەکان لەسەر شاشەیەک لە پشتی کەلەبەرە کراوەکەدا دەبینین. بڕێکی دیاریکراو لە خاڵە

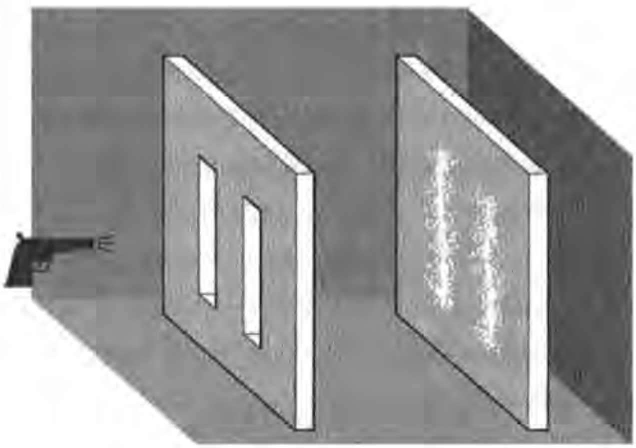
بڵاوبووەکـان هەیە کە کەسـێک لەوانەیە وای دابنێـت کە هەنـدێک لە ئەتۆمەکـان لەجیـاتیی ئەوەی بە ڕوونـی لە کەلەبەرەکەوە تێبپەڕن، لە کەنارەکـانەوە لا دەدەن. دواتـر کەلەبەری لای ڕاسـت دەکەیـنەوە و ڕادەوەستین تا خاڵەکان لەسەر شاشەکەی پشتەوە دەربکەوێت.

ئەگەر تـۆ بتەوێـت پێشـبینیی بڵاوبـوونەوەی خـاڵە ڕووناکەکـان بکەیـت و هـیچ لە میکـانیکیی کـوانتەمی نەزانیـت، کەوابـوو بە شـێوەی سروشـتی دەبێـت پێشـبینیی بکەیـت زۆر هاوشـێوەی شـێوازی دروسـتبوو لە لایەن گوللەکـانەوە بێت؛ بەو واتـایە بەنـدێک لە خـاڵ لە پشـت هەر کەلەبەرێکـدا دروسـت دەبێـت. دروسـتبوونی ٢ پـارچە لە ڕوونـــاکی، کە لە ناوەنـــد زۆر درەوشـــاوەن و بەرە بەرە لەگەڵ دوورکەوتنەوە لە ناوەند بەرەو دەرەوە نـامێنن، چونکە ئەتۆمەکان بە ژمارەیەکی کەم لەو شوێنانە دەدەن.

بەڵام ئەمە ئەو شتە نییە کە ئێمە دەیدۆزینەوە. لەجیاتیی ئەوە ئێمە بە ڕوونـی شـێوازی بەیەکـداچوونە تاریـک و ڕوونەکـان دەبینـین، کە وەک ئەوە دەبێـت کە بـۆ ڕوونـاکی بینیمـان. ڕوونـاکترین بەشـی شاشەکە، بڕوا دەکەن یـان نـا ناوەندی شاشـەکەیە: شـوێنێک کە ئێمە چاوەڕێ نـاکەین ژمـارەیەکی زۆر ئەتـۆمی پێ بگـات (وێنەی ٤:٤). لە ڕاسـتیدا بە بـوونی مەودای دروسـتی نێـوان کەلەبەرەکـان و مەودای دروسـتی نێـوان دووکەلەبەرەکە، دەکرێـت دڵنیـا بـین کە نـاوچە ڕووناکەکەی شاشـەکەی پشـتەوە (ڕووبەرێک کە ئەتۆمەکان دەتـوانن پێی بگەن، تەنهـا کاتێـک یەکێک لە کەلەبەرەکـان کـراوە بێت) ئێسـتا کاتێک ئێمە دووەم کەلەبەر دەکەینەوە، تاریـک دەبێت (هـیچ ئەتۆمێک پێـی ناگـات). چـۆن دەکرێـت کەلەبەرەکەی تـر بکـرێتەوە، کە تەنهـا ئیجـازەی تێپەڕینـی ئەتـۆمی زیـاتر دەدات، بەڵام پێشـگیری بکـات لە ئەتۆمەکان بۆ ئەوەی بگەن بە ناوچەیەکی دیاریکراو لەسەر شاشەکە؟

بـا سـەرەتا شـرۆڤەی ئەوەی ڕوو دەدات بەپێـی ژیریـی بـاو و بەبـێ بەکارهێنانی میکانیکیی کوانتەمی بکەین. وای دابنێ سـەرەڕای ئەوەی هەر

ئەتۆمێـک تەنـۆلکەیەکی جێگـری ورد بێـت - لە کۆتاییـدا هەر ئەتۆمێـک دەکەوێت لە خاڵێک - ژمـارەی پەتیـی ئەتۆمەکـان هەمـوو بەرکەوتـوو و کارلێکەکـان لەگەڵ یەکتـری بە ڕێگەیەکـی ئاڕاسـتەکراوی تـایبەت لە خـۆ دەگرێت، کە شـێوازێک بە دەرکەوتەی بەیەکداچوونەوە لە خـۆ دەگرێت. دوای هەمـوو ئەمـانە ئـێمە دەزانـین کە شـەپۆلەکانی ئـاو لە ڕاسـتیدا پێک هاتوون لە مۆلکیولەکانی ئاو کە وا چاوەڕێ ناکرێت شەپۆلی بن.

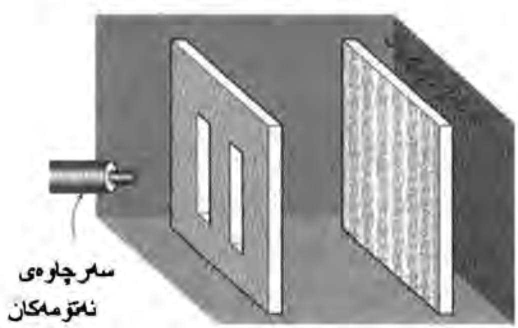


وێنەی ٣:٤

تـاقیکردنەوەی دووکەلەبەریـی قۆنـاغی ٢: بە پێچەوانەی ڕەفتـار - شـەپۆلی لێشـاوی گـوللە هاوێژراوەکـان، لە کەلەبەرەکـانەوە ڕەفتـاری شێوەتەنۆلکەیی پیشان دەدات. هەر گـوللەیەک کە دەگـات بە شاشـەکە، دەبێـــت لە یەکێـــک لە کونەکـــانەوە تێـــپەڕی بێـــت، بەڵام نەک لە هەردووکیـانەوە (هەڵبەت وای دابنـێ کە پەردەی ناوەڕاست بە ڕادەی پێویسـت ئەسـتوور بێت کە لە بەرامـبەر ئەو گـوللانەی کە نـاکەون لە کونەکـان خـۆڕاگر بێـت) لەجیـاتیی چەنـدین بەنـدی بەیەکـدا چـوون، شێوازەکە لەسـەر پەردەی پشـتەوە کۆبـوونەوەی گوللەکـان لەسـەر ٢ شریتی تەنک بەرامبەر بە هەر کەلەبەرێک پیشان دەدات.

ئەوە بریتییە لە جوولەی ئاراستەکراوی چەندین تریلیۆن مۆڵکیولی ئاو کە تایبەتمەنـــدیی شێوەشـــەپۆل دروســـت دەکەن، نەک ئەوەی هەر مۆڵکیولێک بە تەنها ئەوە بکات، لەوانەیە دەمانچە ئەتۆمییەکە لێشاوێک لە ئەتۆم بنێرێت نەک ماشینێکی شەپۆلدروستکەر لە ناو حەوزێکی مەلەدا.

بۆ هەڵسـەنگاندنی تیـۆریی ئەتـۆمیی ئاراسـتەکراو، تـاقیکردنەوەکە دووبـارە دەکەینەوە، بەڵام ئێسـتا هەمـوو سـاتێک ئەتۆمێک دەنێـرین. دەمانچە ئەتۆمییەکە دەتەقێنین و چاوەڕێ دەکەین تا خـاڵێکی ڕوونـاک لەسەر پەردەی پشـتەوە دەربکەوێت، جـا جـارێکی تـر دەیتەقێنینەوە و بەم شـێوەیە درێـژەی پـێ دەدەیـن. بە شـێوەی سـەرەتایی وا دیـارە ژێریی بـاو زاڵ بێت. هەر ئەتۆمێک کە ئاراسـتە دەکرێت لە یەکێک لە کەلەبەرەکـانەوە تێـدەپەڕێت، تەنهـا خـاڵێکی ڕوونـی تەنـک لەسـەر شاشەکە بەجێ دەهێڵێت. وا دەردەکەوێت کە ئەتۆمەکە وەک شێوە - فیشەک لە دەمانچەکەوە دەربچن و وەک تەنۆلکە بگەن بە شاشـەکە. ئایا دڵنیاین لە نێوان تفەنگ و پەردەکەدا ئەوان وەک تەنۆلکە ڕەفتار بکەن؟ بەڵام ئێستا کەروێشکی کوانتەمی لە کڵاوەکە دێتە دەر.



وێنەی ٤,٤:

تاقیکردنەوەی دووکەلەبەریی قۆناغی ٣: جێگرتنەوەی گوللەکان بە ئەتۆمەکـانی سـەرچاوەیەک کە دەکرێـت ئەوان بەرەو کەلەبەرەکـان بهاوێژرێــت (هەڵــبەت لە هەر قۆناغێکــدا پــانی و دووریــی نێــوان

کەلەبەرەکان بە شێوەی گونجاو هەڵدەبژێرێن) ئێمە دەبینین شێوازی بەیەکداچوونی شێوەشەپۆل دووبارە دەردەکەوێت. سەرەڕای ئەوەی هەر ئەتۆمێک کە دەکەوێت لە پەردەی پشتەوە، لە خاڵێکی جێگیردا سروشتی تەنۆلکەیی پیشان دەدات، ئەوان پێکەوە لەسەر بەندەکان خڕ دەبنەوە، ڕێک وەک ئەوەی بۆ ڕووناکی بینیمان. کەوابوو چییە ئەوەی هاوکات لە هەر ۲ کەلەبەرەکەوە تێپەڕ دەبێت، بەبێ ئەوە ناکرێت برژۆڵەکانی بەیەکداچوون ببینین؟

کاتێک خاڵەکان کە هەر کام لەوان تۆمارکردنی ئەتۆمێکی شێوەگوللەیە، بە شێوەی بەردەوام لەسەر شاشەکە دروست دەبن، بەیەکداچوونە تاریکوڕوونەکان دووبارە بەرە بەرە دەردەکەون. بەو ئەتۆمانەی کە ئێستا دانە بە دانە لە ساتێکدا تێپەڕ دەبن، ئیتر ناکرێت بڵێین ڕەفتاری بەکۆمەڵی ژمارەیەکی زۆر ئەتۆم کە دەنێررێن و لەگەڵ یەکتری کارلێک دەکەن و دەگات بەو ئەنجامە. ئەمە ئیتر وەک شەپۆلەکانی ئاو نییە. لێرەدا دووبارە ئێمە دەبێت بەرەوڕووی ئەنجامێک ببینەوە کە بە پێچەوانەی ژیریی باوەوە، کاتێک تەنها یەکێک لە کەلەبەرەکان کراوەتەوە، هەندێک شوێن هەن لەسەر پەردەی پشتەوە کە ئەتۆمەکان دەکرێت لەسەری بنیشنەوە، بەڵام ئەگەر تاریکیی دووەم کەلەبەر بکرێتەوە، سەرەڕای بوونی ڕێچکەیەکی زیادە بۆ ئەتۆمەکان، بۆ ئەوەی بگەن بە شاشەکە. وا دەردەکەوێت کە ئەتۆمی تێپەڕیو لە هەر کام لە کەلەبەرەکان بە ڕێگەیەک دەزانێت کە کەلەبەرەکەی تر کراوەتەوە یان نا و بەپێی ئەو کار دەکات!

بە واتایەکی تر، هەر ئەتۆمێک دەمانچەکە وەک تەنۆلکەی وردی جێگیر بەجێ دەهێڵێت و وەک تەنۆلکەش دەگات بە شاشەی دووەم، کە بریسکە وردەکانی ڕووناکی ئەمە پیشان دەدات. بەڵام لە نێوان ئەم دووەدا، کاتێک دەکەوێت لە دووکەلەبەرەکە شتێکی نهێنی کار دەکاتە سەریان و ڕەفتاری شێوەشەپۆلیان دەبێت و دابەش دەبێت بۆ

٢ بەش، هەر کامێکیـان لە یەکێک لە کەلەبەرەکـانەوە تێپەڕ دەبێت و بەیەکـداچوون لەگەڵ ئەوی تـردا دەکـات. چـۆن ئەتـۆمێکی تەنهـا لە دۆخی دووکەلەبەرەکە لە یەک کاتدا ئاگادار دەبێتەوە کە ئایا داخراوە یان کراوەتەوە؟

بـا هەنـدیک چاوبەسـتن بکەیـن، بـا بـزانین ئەگەر ئـێمە بتـوانین ئەتۆمەگـان بە چـاوەڕێکردن لە پشـت کەلەبەرەکـانەوە بگـرین. ئەمە دەکرێت بە دانانی هەستەوەرێک لە پشـت، لای چەپ دەسـتەبەر ببێت، تـۆ بڵـێ نیشـانەیەک کاتێـک ئەتۆمێـک لە یەکێـک لەو کەلەبەرانەی کە لەسەر ڕێگەکەیدایە، تێپەڕ ببێت، تۆمار دەکرێت (لەوانەیە بیپێک) (ئـێمە وای دادەنێین ئەم هەستەوەرە چوستییەکەی ١٠٠%ە و بە دڵنیـاییەوە کاتێک ئەتۆمێک لە کەلەبەرەکەوە تێپەڕ دەبێت، دەیبینێت، بەڵام هێشـتا ناکرێت کاریگەریی لەسەر ڕێچکەی ئەتۆمەکانی تر دابنێت. هەڵبەت لە کـرداردا ئەمە مـومکین نیـیە، چـونکە تێکـدانی ڕێچـکەی ئەتۆمەکـان لە کـاتی بینینـدا ناچـارییە). هەروەهـا دەکرێـت هەسـتەوەرێکی دووەم لە بەردەم کەلەبەری دووەمـدا دابنێـین بـۆ ئەوەی ئەو ئەتۆمـانە تۆمـار بکات کە لەو کەلەبەرەی ترەوە تێپەڕ دەبن. ئێسـتا ئەگەر ئەتۆمێـک لە هەر کـام لە کەلەبەرەکـانەوە تێپەڕ ببێـت، ئـێمە دەنگـی بیپێـک جـا لە هەسـتەوەری لای چەپەوە بێـت یـان ڕاسـت، دەبیسـتین، بەڵام ئەگەر ئەتۆمەکە بە ڕێگەیەک خۆی با بدات کە بە سروشـتی تەنۆلکەییەوە لە هەر ٢ کەلەبەرەوە کە تێپەڕ ببێت، کەوابوو هەردووی هەسـتەوەرەکان هاوکات دەنگی بیپیان لێوە دێت.

ئەوەی دەیبینـین بە هەر هاویشـتنێکی دەمـانچەکە تەنها بریسـکەیەک لەسـەر پەردەکە دەردەکەوێـت و یەکێـک لە هەسـتەوەرەکان بیـپ لـێ دەدات نەک هەردووکیان. بە دڵنیاییەوە ئێمە ئێسـتا سـەلماندنی ئەوەمـان هەیە کە کاتێـک ئەتۆمەکـان بەیەکـداچوون دەکەن، بە ڕاسـتی تەنهـا لە یەکێـک لە کەلەبەرەکـانەوە تێـپەڕ دەبـن نەک هاوکـات لە هەردووکیـان. بەڵام سەبرت هەبێت و بەردەوام بە لە سەیرکردنی شاشەکە.

ئەگەر ژمارەیەکی زۆر بریسکەی ڕووناکی دروست بکرێت، دەبینین ئەوەی دروست دەبێت ئیتر شێوازی بەیەکداچوون نییە. لەسەر پەردەکە بەندی ڕووناک دەبینرێت کە هاوتایە لەگەڵ ئەو ئەتۆمانەی لە پشت هەر کەلەبەرێکدا خڕ بوونەتەوە، ڕێک وەک ئەو کاتەی تاقیکردنەوەکەمان بە گولله ئەنجام دا. ئەتۆمەکان ئێستا ئیتر وەک تەنۆلکەی ئاسایی ڕەفتار دەکەن کە لە کەلەبەرەکەوە تێپەڕ دەبن. هەر ئەتۆمێک وەک شەپۆل ڕەفتار دەکات، مەگەر ئەوەی جاسووسیی بەسەرەوە بکرێت، کە ئەوکات بە سادەیی وەک تەنۆلکەی ورد دەمێنێتەوە.

لەوانەیە بوونی هەستەوەر کێشەیەک دروست بکات، لەوانەیە ڕەفتاری سەیر و وردی ئەتۆمەکان کاتێک لە کەلەبەرەکانەوە تێپەڕ دەبێت، تێک بدات. با ئەمە بە لابردنی یەکێک لە هەستەوەرەکان هەڵبسەنگێنین، بۆ نموونە ئەوەی بەردەم کەلەبەری لای ڕاست. هێشتا ئێمە هەمان زانیاریمان لە ڕێکخستنەکەوە دەست دەکەوێت، چونکە کاتێک دەمانچەکە تەقە دەکات، بیپێک دەبیستین و دەرکەوتنی بریسکەیەک لەسەر شاشەکە دەبینین، کە واتای ئەوەیە لە کەلەبەری چەپەوە تێپەڕیوە؛ کاتێک دەیتەقێنین و تەنها بریسکە دەبینین، واتای ئەوەیە لە کەلەبەری ڕاستەوە تێپەڕیوە و گەیشتووە بە پەردەکە. ئێستا ئێمە دەزانین کە ئەتۆم ئایا لە کەلەبەری چەپەوە تێپەڕیوە یان لە کەلەبەری ڕاستەوە، لە کاتێکدا تەنها یەکێک لە ڕێچکەکانمان گرتووە. ئەگەر هەستەوەرەکە خۆی کێشە بێت، کەوابوو دەبێت چاوەڕێ بکەین ئەو تەنۆلکەیەی بیپی هەیە، وەک گولله و ئەوەی بیپی نییە، وەک شەپۆل ڕەفتار بکات. ئەوکات لەوانەیە تێکەڵەیەک لە شێوازی شێوەگولله (لەو ئەتۆمانەی کە لە لای کەلەبەری چەپەوە دێن) و شێوازێکی بەیەکداچوون (لەو ئەتۆمانەی کە لە لای ڕاستەوە دێن) لەسەر پەردەکە ببینین.

بەڵام وا نییە. بەم ڕێکخستنەوە ئێمە هێشتا هیچ شێوازێکی بەیەکداچوون نابینین. تەنها شێوازی شێوەگوللە لە پشت هەر کەلەبەرێکدا لەسەر پەردەکە دەبینرێت. ئەمە لەوە دەچێت تەنها بوونی ئەو هەستەوەرەوە کە دەکرێت شوێنی ئەتۆمێک تۆمار بکات بەسە بۆ تێکدانی ڕەفتاری شێوەشەپۆل، تەنانەت ئەگەر ئەو هەستەوەرە هەندێک مەودای دووری لە ڕێچکە ئەتۆمییەکەی کەلەبەرەکەی تر هەبێت.

لەوانەیە بوونی فیزیایی هەستەوەرەکە لەسەر کەلەبەری لای چەپ بەس بێت بۆ کاریگەریدانان لەسەر ڕێچکەی ئەو ئەتۆمانەی لێوەی تێپەڕ دەبن، زۆرتر وەک بوونی بەردێکی گەورە کە جووڵەی ئاو لە لێشاوێکی گەورەی ئاودا دەگۆڕێت. دەکرێت هەڵسەنگاندن بۆ ئەمە بە کوژاندنەوەی هەستەوەری لای چەپ بکەین. ئەو هێشتا لەوێیە و چاوەڕێ دەکەین بە نزیکەیی کاریگەریی خۆی وەک جاران دابنێت. بەڵام ئێستا بە بوونی هەستەوەر بەڵام بە کوژاوەیی، شێوازی بەیەکداچوون لەسەر پەردەکە دووبارە دەردەکەوێتەوە! هەموو ئەتۆمەکان کە بە ناو تاقیکردنەوەکەدا دەڕۆن، وەک شەپۆل دەردەکەون. چۆن ئەتۆمەکان وەک تەنۆلکە ڕەفتار دەکەن کاتێک هەستەوەری لای کەلەبەری چەپ هەڵکراوە، بەڵام هەر کە هەستەوەرەکە کوژایەوە، وەک شەپۆل ڕەفتار دەکەن؟ تەنۆلکەی تێپەڕیو لە کەلەبەری لای ڕاست چووزانێت هەستەوەری لای چەپ کوژاوەتەوە؟

ئەمە ئەو قۆناغەیە کە تۆ ناچاریت ژیریی باو بەجێ بهێڵیت. ئێستا ئێمە ناچارین بەرەوڕووی دووسروشتیی شەپۆل - تەنۆلکەی شتەکانی وەک ئەتۆمەکان، ئەلیکترۆنەکان و پرۆتۆنەکان ببینەوە کە هاوشێوەی شەپۆل ڕەفتار دەکەن کاتێک ئێمە زانیاریمان لەسەری نییە، کە لە کامیەک لە کەلەبەرەکانەوە تێپەڕ دەبێت، بەڵام وەک تەنۆلکە ڕەفتار دەکەن کاتێک دەیانبینین. ئەمە پرۆسەی بینین یا

پێوانی تەنە کوانتەمییەکانە کە ئێمە سەرەتا لە بەشی یەکەم کاتێک ڕوونکردنەوەی ئالیەن ئاسپێکتمان سەبارەت بە گیرۆدەیی فۆتۆنە جیاوازەکان لەبەرچاو گرت، باسمان کرد. بە بیرت بێتەوە کە تیمەکەی ئاسپێکت فۆتۆنەکانیان بە تێپەڕاندن لە ناو هاوێنە جەمسەرگیراوەکان کە دۆخە گیرۆدەکەیانی تێک دەدا - کە بریتییە لە لایەنیکی سروشتیی شەپۆلی - و ناچاری دەکردن کە ئاڕاستەیەکی جەمسەرگیراوی کلاسیکی هەڵبژێرن. بە ڕێگەیەکی هاوشێوە پێوانی ئەتۆمەکانی تێپەڕیو لە تاقیکردنەوەی دووکەلەبەری ناچاریان دەکات کە لە یەکێک لە کەلەبەرەکانی ڕاست یان چەپەوە تێپەڕن.

میکانیکیی کوانتەمی لە ڕاستیدا لێکدانەوەیەکی ژیربێژانەی ئەم دیاردەیەمان بۆ ئامادە دەکات، بەڵام ئەوە تەنها لێکدانەوەی ئەوەیە کە دەیبینین - ئەنجامی تاقیکردنەوەکە - نەک ئەوەی چی ڕوو دەدات کاتێک ئێمە سەیری ناکەین. بەڵام بە گشتی چونکە ئێمە ناچارین تەنها ئەو شتانە ببینین کە دەیپێوین، لەوانەیە بێمانا بێت لەوە زیاتر بپرسین. چون دەکرێت ئێمە بەراوردی ڕاستی و دروستیی هەژمارکردنی دیاردەیەک بکەین کە تەنانەت لە پرەنسیپیشدا ناکرێت هەڵسەنگاندنی بۆ بکەین؟ هەر کە هەوڵ بدەین ئەنجام دەگۆڕرێت.

لێکدانەوەی کوانتەمیی تاقیکردنەوەی دووکەلەبەری بریتییە لەوەی لە هەر ساتێک لە ساتەکانەکاندا، هەر ئەتۆم دەبێت بە کۆمەڵەیەک ژمارە شرۆڤە بکرێت کە شوێنە ئەگەرییەکەی لە فەزادا دیاری دەکات. ئەمە ئەو برەیە کە ئێمە لە بەشی ٢دا وەک نەخشەشەپۆل ناساندمان. لەوێ ئێمە باسمان کرد هاوشێوەی ئایدیای شەپۆلی تاوانێک، بە ناو شارێکدا بڵاو دەبێتەوە کە ئەگەری بوونی دزێکی شەوانە لە شوێنە جیاوازەکانی شاردا دیاری دەکات. بە هاوشێوە، نەخشەشەپۆل شرۆڤەی تێپەڕینی ئەتۆمێک لە یەکێک لە دووکەلەبەرەکە و ئەگەری دۆزینەوەی لە هەر شوێنێکی ئامێرەکە لە هەر کاتێکدا دەکات. بەڵام وەک پێشتر جەختمان لەسەر کردەوە، چۆن دزێکی شەوانە دەبێت

حەتمەن شوێنێکی تاقانەی لە فەزا و کاتدا هەبێت و شەپۆلی تاوانە ئەگەرەکە (crime probability) تەنها شرۆڤەی ناتەواوی زانیاریمان سەبارەت بەوەی ئەو لە کوێیە، دەکات، هەر بەو شێوەیە نەخشەشەپۆلی ئەتۆم لە تاقیکردنەوەی دووکەلەبەری ڕاستییە کە پێشباندەری دۆخی فیزیایی ئەتۆمەکە لە خۆیدایە، کە بە ڕاستی شوێنێکی دیاریکراوی نییە مەگەر ئەوەی بپێورێت و تا ئەو کاتە لە هەموو شوێنێکدایە، بە ئەگەری جیاوازەوە، هەڵبەت، زۆر زەحمەتە ئێمە لەو شوێنانەدا تەنۆلکەکە بدۆزینەوە کە نەخشەشەپۆلەکەی بچووک بێت.

هەر بۆیە لەجیاتیی ئەتۆمە تاقانەکان کە لە دووکەلەبەری تەنۆلکەکەوە تێپەڕ دەبن، ئێمە ناچارین وای دابنێین نەخشەشەپۆل لە سەرچاوەوە بەرەو پەردەی پشتەوە دەڕۆن. لە بەرکەوتن لەگەڵ دووکەلەبەرەکەدا نەخشەشەپۆل دابەش دەبێت بۆ ٢، کە هەر کامیان لە یەکێک لە کەلەبەرەکانەوە تێپەڕ دەبێت. جێگەی سەرنجە ئەوەی ئێمە لێرەدا باسی دەکەین ڕێگەیەکی ئابستراکتی بڕی ماتماتیکییە کە بەپێی کات دەگۆڕێت. پێویست بە پرسیارکردن ناکات بۆ ئەوەی بزانین لە ڕاستیدا چی ڕوو دەدات، پێویستە تێستی بکەین. بەڵام هەر کارێک لەسەری بکەین ئەنجامەکە دەگۆڕێت. ئەمە لە ڕاستیدا وەک ئەوە وایە پرسیار بکەین ئایا ڕووناکیی ساردەکەرەوە هەیە پێش ئەوەی دەرگاکەی بکەینەوە: تۆ هەرگیز نازانیت، چونکە هەر کاتێک بتەوێت بزانیت، سیستەمەکە دەگۆڕێت.

پرسیارێک دێتە ئاراوە: کەی نەخشەشەپۆلەکە جارێکی تر دەبێتەوە بە ئەتۆمێکی جێگیر؟ وەڵامەکەی ئەمەیە: کاتێک بمانەوێت شوێنەکەی دەربخەین. کاتێک پێوان لەسەر شوێن ئەنجام دەدرێت، نەخشەشەپۆلی کوانتەمی بۆ ئیمکانێکی تاقانە دادەڕووخێت. دووبارە ئەمە هاوشێوەی باروودۆخی دزەکەیە کە نادڵنیایی سەبارەت بە شوێنەکەی هەیە، تا کاتێک کە پۆلیس دەستگیری دەکات کە

دادەڕووخێت بۆ شوێنێک. لەم بارەدا تەنها زانیارییەکانی ئێمەیە سەبارەت بە شوێنی دزەکە کە هەستەوەر کاریگەریی لەسەر دادەنێت، ئەو هەمیشە لە هەر کاتێکدا دەکرێت لە ١ شوێن بێت. بەڵام بۆ ئەتۆم وا نییە، ئەو دەکرێت لە هەر شوێنێک بێت.

هەر بۆیە نەخشەشەپۆلی کوانتەمی ئەگەری دەرخستنی ئەتۆمەکە لە شوێنێکی دیاریکراودا هەژمار دەکات، ئێمە پێوانێک لەسەر شوێنەکەی لە کاتێکی دیاریکراودا ئەنجام دەدەین. لێرەدا نەخشەشەپۆل پێش پێوان زۆر گەورەیە و لە ئەنجامدا ئەگەری دۆزینەوەی تەنۆلکەکە بەرز دەبێت، بەڵام لە کوێ، ئەوە بچووکە، لەوانەیە بە هۆی بەیەکداچوونی تێکدەری شەپۆل، ئەگەری دۆزینەوەی ئەتۆمەکە لەوێ ئەگەری بینینەکە زۆر بچووک بێت.

دەکرێت وێنای نەخشەشەپۆلێک بکەین کە شرۆڤەی تەنۆلکەیەک دەکات لەو کاتەوەی لە سەرچاوەیەکەوە دەردەچێت. ئەمە ڕێک وەک شەپۆلێک ڕەفتار دەکات کە بەرەو کەلەبەرەکان دەجووڵێت، لە یەکەم پەردەدا فراوانیی هەر کام لە کەلەبەرەکان یەکسان دەبێت. ئەگەر ئێمە هەستەوەرێک لەسەر ڕێگەی یەکێک لە لەکەبەرەکان دابنێین، دەبێت ئەگەرەکان لەگەڵ یەکتری یەکسان بن: لە ٥٠%ی جارەکان ئێمە ئەتۆمەکە لە کەلەبەری لای چەپ و لە ٥٠%ی جارەکان لە کەلەبەری لای ڕاستدا دەدۆزینەوە. بەڵام - ئەمە تا ڕادەیەکیش گرنگە - ئەگەر ئێمە هەوڵ نەدەین ئەتۆمەکە لە پەردەی یەکەمدا دەربخەین، کەوابوو نەخشەشەپۆل بەبێ هیچ دارمانێک دەبێت. دوای ئەوە بەپێی کوانتەم ئێمە دەکرێت قسە لەسەر ئەتۆمێکی تەنها بکەین، کە لەسەریەککەوتنێکدایە: بوونی لە ٢ شوێندا و لە ١ کاتدا، هاوتای ئەو نەخشەشەپۆلەی کە هاوکات لە هەر ٢ کەلەبەری لای ڕاست و لای چەپەوە دەڕوات.

لە لایەکی تری کەلەبەرەکان هەر پارچەیەکی جیاوەبووی نەخشەشەپۆلکە، کە لە کەلەبەری چەپ یان ڕاستەوە تێپەڕ دەبێت،

دووبـاره بـڵاو دەبێـتەوە و وەک بەرزونزمیـی ماتمـاتیکی دەکەونە سـەریەک و لە هەنـدێک شـوێندا فراوانیـی یەکتـر بەهێـز دەکەن و لە هەنـــدێک شـــوێندا یەکتـــری دەســـڕنەوە. کـــاریگەریی ئـــاوێتەی نەخشەشەپۆل ئێستا شێوازێکی دیاردەی شەپۆلی پیشـان دەدات ڕێک وەک ڕوونـاکی. بەڵام ئاگـادار بە، کە ئەمە ئێسـتا نەخشەشـەپۆلێکی ئاڵۆز نییە و تەنها شرۆڤەی ١ ئەتۆمی تەنها دەکات.

لە پەردەی دووەمدا، کە لە کۆتاییدا پێوانێک لەسـەر شوێنی ئەتۆم دێـتە ئـاراوە، نەخشەشـــەپۆل ئەو هەلەمـــان دەداتـــێ کە ئەگەری دەرخستنی تەنۆلکەیەک لە خاڵە جیاوازەکان لەسـەر پەردەکە هەژمار بکەین. شـوێنە ڕووناکەکانی سـەر پەردەکە گرێدراوە بەو شـوێنانەی کە ٢ بەشـەکەی نەخشەشـەپۆل لە ٢ کەلەبەرەکەوە دێـن و یەکتـری بەهێـز دەکەن، شـوێنە تاریکەکـانیش گرێـدراوە بەو شـوێنانەوە کە یەکتـری دەسـڕنەوە و ئەگەری ٠ بـۆ دەرخسـتنی ئەتۆمەکـان تۆمـار دەکەن.

گـرنگە لە بیـرت بێـت کە پرۆسـەی بەهێزکـردن و سـڕینەوە - بەیەکداچوونی کوانتەمی - تەنانەت کاتێک ١ تەنۆلکەی تەنها لەئارادا بێت، دێتە ئاراوە. لە بیـرت بێت کە هەندێک نـاوچە لەسـەر پەردەکە هەن کە ئەتۆمەکان، ١ ئەتۆم لە ١ ساتدا دەهاوێژرێت، دەکرێت بگـات بە تەنهـا ١ کەلەبەری کـراوە، بەڵام کاتێـک هەر ٢ کەلەبەرەکە کـراوە بن، ئیتر ئەمە لە دەستەڕاستدا نابێت. ئەمە تەنها دەکرێت ئەم هەستە دروســـت بکـــات کە هەر ئەتـــۆمی دەرچـــوو لە تفەنـــگەکەوە بە نەخشەشـەپۆلێک شـرۆڤە دەکرێـت، کە دەکرێـت هاوکـات بە هەر ٢ ڕێچـــکەکەدا بـــڕوات. نەخشەشـــەپۆلە ئـــاوێتەکە لەگەڵ ناوچەکـــانی دروســـتکردن و کـــاولکراوی بەیەکـداچوونی ئەگەر، ئەگەری بـــوونی ئەتـۆمەکە لە هەنـدێک شـوێندا لەسـەر پەردەکە کە کاتێـک ١ کەلەبەر کراوەیە، پێی بگات، بدۆزرێتەوە، دەسڕێنەوە.

هەمــوو بــوونە کوانتەمییەکــان، کە تەنــۆلکە بنچینەییەکــان یــان ئەتۆمەکـان و مۆڵکیوڵەکـان کە لەم تەنۆلکـانە پێک هـاتوون، ڕەفتـاری شێوەشــەپۆلی هاوبــار پیشــان دەدەن کە دەکرێـت لەگەڵ خۆیانــدا بەیەکـداچوون بـکەن. لەم دۆخە کـوانتەمییەدا ئەوان دەکرێـت هەمـوو ڕەفتارە سـەیرە کوانتەمییەکـان لە خۆیـان پیشـان بدەن، وەک بوونیـان لە ١ کاتدا لە ٢ شوێندا، خولانەوە لە ٢ ئاڕاستەی دژبەیەک لە ١ کاتدا، تونێڵلێدان لە بەربەسەتە نەبڕەکان، یان هەڵگرتنی پەیوەندییە خێوەکییە گیرۆدەکان لەگەڵ هاوبەشێکدا.

بەڵام بۆچی من یـان تـۆ کە لە کۆتاییدا پێک هـاتووین لەم تەنۆلکە کوانتەمییـانە، لە ١ کاتـدا لە ٢ شـوێندا نیـین، بە تـایبەتی لە ڕۆژێکـی قەرەباڵغدا زۆر بەسـوود دەبێـت؟ لە ئاسـتێکدا وەڵامەکە زۆر سـادەیە: لەش تەنێکـی قـورس و گەورەیە و سروشـتە شێوەشـەپۆلییەکەی زۆر بچووکە، هەندێک جار قەبـارە و بارسـتایی شتێک یـان بە ڕاسـتی هەر شـــتێکی بە ڕادەی پێویســـت گەورە کە بە چـــاوی ڕووت ببینرێـــت، درێژەشــەپۆلە کـوانتەمییەکەی هێنـدە بچـووکە کە کـاریگەرییەکەی بـۆ پێوان نابێت. بەڵام ئەگەر بە قـووڵی بـۆی بچـین، تـۆ دەتوانیـت بیـر لە هەر ئەتۆمێکی ناو لەشـت بکەیتەوە وەک ئەوەی لە لایەن ئەتۆمەکانی دەورەبەریەوە دەبینرێـــــت یـــــان دەپێورێـــــت، هەر بـــــۆیە هەر تایبەتمەندییەکی وردی کوانتەمی لەوانەیە زۆر بە خێرایی تیابچێت.

کەوابـوو لە ڕاسـتیدا واتـای پێـوان (MEASURMENT) چییـە؟ ئێمە پێشتر بە کورتی پشـکنینمان بۆ وەڵامـی ئەم پرسیارە لە بەشـی ١دا کـرد، بەڵام ئێسـتا دەبێـت تۆزێـک لە نزیکتـرەوە سـەیری بکەیـن، چـونکە ئەمە بـریتییە لە ناوەنـدی ئەو پرسـیارەی چەنـدێک کـوانتەم لە زیندەناسیی کوانتەمیدا هەیە.

پێوانی کوانتەمی

بە هەموو پێشکەوتنەکانیەوە، میکانیکیی کوانتەمی هیچ شتێکمان سەبارەت بە چۆنێتیی وەڵامی ئەو پرسیارانە نەداتەوە کە شرۆڤەی ئەوە دەکەن چۆن ئەلیکترۆنێک، تۆ بڵێی، بە دەوری ئەتۆمدا دەسووڕێتەوە کاتێک ئێمە پێوانێکی تایبەتی ئەنجام دەدەین. بەم هۆکارە، باوکە بونیادنەرەکانی میکانیکیی کوانتەمی، کۆمەڵەیەک ڕیسای زیادەیان کە لە داڕشتنە ماتماتیکییەکە زیاد کرد. ئەمانە ناسراون بە گریمانەبابەتی کوانتەمی (quantum postulates) و زنجیرەیەک فێرکاری ئامادە دەکات بۆ چۆنێتیی وەرگێڕانی پێشبینییە ماتماتیکییەکانی هاوکێشەکان بۆ ئەو تایبەتمەندییە هەستپێکراوانەی کە ئێمە دەکرێت ببینین، وەک شوێن و وزەی ئەتۆمێک لە هەر ساتێکی دیاریکراودا.

بە سەرنجدان بەوەی پرۆسە ڕاستەقینەکە لە خۆیدا کە بەو ڕێگەیە ئەتۆمێک کاتێک لێرە یان لەوێ دەوستێت یان تەنها لێرەیە کاتێک سەیری دەکەین، هیچ کەس بە ڕاستی نازانێت و زۆر لە فیزیاییەکان حەزیان لێیە ئەو دەیدە پراگماتیکییە بپەژرێنن و تەنها ئەو شتە بزانن کە ڕوو دەدات. پرسەکە جیاوازیکردنی خۆویست لە نێوان جیهانی کوانتەمی کە شتە سەیرەکان تێیدا ڕوو دەدات و جیهانی گەورەی ڕۆژانەمان، کە ڕەفتاری تەنە هەستپێکراوەکان دەکات بە پێویستی. ئامێرێکی پێوان کە ئەلیکترۆنێک دەردەخات، ناچارە بەشێک بێت لە جیهانی شتە گەورەکان. بەڵام چۆن و بۆچی و کەی ئەم پرۆسەی پێوانە دێتە ئاراوە؟ هەرگیز لە لایەن دامەزرێنەرانی میکانیکیی کوانتەمییەوە ڕوون نەکرایەوە.

لە ماوەی ساڵانی ١٩٨٠ و ١٩٩٠ەکان، فیزیاییەکان هەوڵیان دا بزانن دەبێت چی ڕوو بدات کاتێک سیستەمێکی کوانتەمیی دابڕاو، وەک ئەتۆمێکی تەنیا لە تاقیکردنەوەی دووکەلەبەریدا بە نەخشەشەپۆلەکەیەوە لە سەریەککەوتنی ٢ شوێندا لە ١ کاتدایە و

کارلێـک لەگەڵ ئـامێرە ماکرۆسـکۆپییەکەی پێـوان دەکـات، تـۆ بڵـێ کەسـێک لە کەلەبەری لای چەپ دای نابێـت. لێکـۆڵینەوە کـراوە کە دەرخسـتنی ئەتۆمێـک (ئەوەی لێـرەدا سەرنجڕاکێشـە، کە تەنـانەت ئەتـۆمی دەرنەخـراویش وەک پێوانێـک لەبەرچـاو دەگیررێـت، بەو واتـایەی ئەو دەبێت لە کەلەبەرەکەی تریـانەوە تێپەڕ ببێت) دەبێت بە هۆی ئەوەی نەخشەشەپۆلی ئەتۆمەکە کارلێک لەگەڵ چەندین تریلیۆن ئەتۆمی ئامێرەکەی پێوان بکات. ئەم کارلێکە ئاڵۆزە دەبێت بە هـۆی ئەوەی هاوبـاری وردی کـوانتەمی بە خێرایـی بە هـۆی نـۆیزی ناونـدەکەوە بسـڕێتەوە. ئەم پرۆسـەیە نـاوی دابـاریی (Decoherence) لـێ نـراوە، کە ئـێمە لە بەشـی ٢دا بەرکەوتنمـان لەگەڵی هەبوو.

بەڵام داباری بۆ ئەوەی کاریگەریی دابنێت، پێویستی بە ئامێری پێوان نیـیە. ئەمە هەمـوو کاتێـک لە نـاو هەر تەنێکـی کلاسـیکی تەنیـادا وەک پێکهـاتەیەکی کـوانتەمی - ئەتـۆم و مۆڵکیـوڵ - دێـتە ئـاراوە، کاتێـک لەرینەوەی گەرمایی لێی دەدات و لە لایەن هەموو ئەتۆم و مۆڵکیوڵەکانی دەوروبەر لێی دەکەوێت، هەر بۆیە هاوبارییە شێوەشەپۆلییەکەی لەکیس دەچێت. بەم ڕێگەیە ئێمە دەکرێت سەبارەت بە داباری وا بیر بکەینەوە کە هەموو مادەکانی دەوروبەر - کە بە ناوەند ناوزەد دەکرێت - تۆ بڵێ کـار دەکەنە سـەر ئەتۆمێـک و بە بەردەوامـی لەسـەر ئەو ئەتـۆمە پێوان ئەنجام دەدا و ناچاری دەکات وەک تەنۆلکەیەکی کلاسیکی ڕەفتار بکات. لە ڕاسـتیدا دابـاری بـریتییە لە یەکێـک لە خێراتـرین و چوسـتترینی پرۆسەکان لە هەموو فیزیـادا. ئەمەیە هۆکاری ئەو چوستییە بەرچاوە کە دابـاری بـۆ مـاوەیەکی دوورودرێـژ نەدۆزرایەوە. ئەوەی ئێسـتا هەیە، بـریتییە لەوەی کە فیزیاییەکـان دەزانـن چـۆن کـۆنترۆڵی بـکەن و لێکۆڵینەوەی لەسەر بکەن.

بگەڕێینەوە بۆ نموونە بەراوردکارییەکەمان: فڕێدانی وردەبەرد بۆ نـاو ئـاو، کاتێـک ئـێمە ئەوان دەخەیـنە نـاو حەوزەکەوە ئاسـانە

کەوتنەسەریەکی شەپۆلەکان و بەیەکداچوونیان لەگەڵ یەکتری ببینین. بەڵام هەوڵ بدە ئەوان بهاویتە ناو بەردەم تاڤگەی نیاگارا، سروشتی هەڕەمەکـی و ئـاڵۆزی ئـاو ئێسـتا بە خێرایـی هەر شـێوازێکی بەیەکداچوونی بەرهەمهاتوو لە لایەن وردەبەردەکانەوە تێک دەدات. ئەم گێژاوی ئاوە هاوتای کلاسیکیی جووڵەی هەڕەمەکیی مۆڵکیوڵییە، کە سیستەمێکی کوانتەمیی گەمارۆ داوە، لە ئەنجامدا داباری دروست دەکات. زۆرترینی ناوەندەکان لە ئاستی مۆڵکیوڵیدا وەک گەردەلوولی ئاو لە بنی تاڤگەی نیاگارا وایە. تەنۆلکەکان بە شێوەی بەردەوام بە دەوروبەری ناوەندا هەڵبەزودابەز دەکەن (ئەتۆمەکان و مۆڵکیوڵ یان فۆتۆنەکانی تر).

لەم حـاڵەدا ئـێمە دەبێـت هەنـدێک چەمـک لەم کتێـبەدا ڕوون بکەینەوە. ئێمە قسە لەسەر ئەو ئەتۆمانە دەکەین کە دەکرێت هاوکات لە ٢ شـوێندا هەبـن، ڕەفتاریـان وەک شـەپۆلە بڵاوبووەکـان وایە و لەسەریەککەوتنی ٢ یان زیاتر دۆخدا هاوکات هەن. ڕێگەیەکی کورت کە شـتەکان بـۆ تـۆی خـوێنەر ئاسـان دەکـاتەوە، ئەوەیە لەسـەر چەمکێکـی تەنیـا هەڵوێسـتە بکەیـن کە هەمـوو ئەم چەمکـانە لە خـۆ دەگرێـت: ئەویـش بـریتییە لە هاوبـاریی کـوانتەمی (quanrum coherence). بەو شێوەیە کاتێک دێینەوە بۆ سەر کاریگەرییەکانی هاوباری، مەبەستمان بریتییە لە هەندێک ڕەفتار بە ڕێگەی میکانیکیی کوانتەمی، کە ڕەفتاری شێوەشەپۆلی یان زیاتر لە ١ شت لە ١ کاتدا ئەنجام دەدات. بەم شێوەیە داباری بریتییە لە پرۆسەیەکی فیزیایی کە لەودا هاوباری لە ناو دەچێت و کوانتەم دەبێت بە کلاسیک.

بە شێوەی ئاسـایی، وا چـاوەڕوان دەکرێت کە هاوبـاری تەمەنـی زۆر کـورت بێـت مەگەر ئەوەی لە دەوروبەر دابڕابێـت (بەرکەوتنێکـی زۆر کەم لەگەڵ تەنۆلکەکانـدا لەئـارادایە) و/ یـان بـۆ پلەیەکی گەرمیـی زۆر نزم سارد بووبێتەوە (کەمترین بەرکەوتن) بۆ ئەوەی هاوبـارییە هەسـتیارەکە بپارێزرێـت. لە ڕاسـتیدا بـۆ شـرۆڤەی شـێوازی

بەیەکداچوون بە ئەتۆمێکی تەنیا، زانایان هەموو هەوای ناو ئامێرەکە پەمپ دەکەنە دەرەوە و ئامێرەکە تا نزیک ٠ی ڕەها سارد دەکەنەوە. تەنها بە ئەنجامدانی ئەم هەنگاوە گەورانە، دەکرێت ئەتۆمەکان لە هاوباریی کوانتەمی بە تەواوەتی بۆ ماوەیەکی بە ڕادەی پێویست درێژ بهێڵێنەوە بۆ ئەوەی شێوازی بەیەکداچوون پیشان بدەن.

بابەتی زوو تێکچوونی هاوباریی کوانتەمی (هێشتنەوەی نەخشەشەپۆل بە دوور لە دارمان) کە هەڵبەت تەنگەژەی سەرەکیی گرووپەکەی زانکۆی MIT بوو، کە ئێمە لە پەرەگرافی سەرەتای ئەم بەشە بەرکەوتنمان لەگەڵی هەبوو و هاوکارەکانیان لە سەرانسەری جیهان، لە هەوڵەکانیان بۆ دروستکردنی کۆمپیوتەری کوانتەمی، ئەمە بوو هۆکاری ئەوەی ئەوان گومانیان هەبوو لەوەی لە نیویۆرک تایمزدا بڵاو بووبووەوە و دەیگوت ڕووەکەکان کۆمپیوتەری کوانتەمین. فیزیاییەکان بە هەموو فرتوفێڵە زیرەکەکان لە هەوڵدا بوون جیهانە کوانتەمییەکەی ناو کۆمپیوتەرەکانیان لە ناوەندی دەورەبەری تێکدەری هاوبار بپارێزن. هەر بۆیە ئەو ئایدیایە کە هاوباریی کوانتەمی دەکرێت لە ناو ناوەندێکی گەرم و تەڕ و پڕ لە گەردەلوولی گەلای ڕووەک بپارێزرێت، بە گەمژانە دەبینرا.

بە هەرحاڵ، ئێمە ئێستا دەزانین لە ئاستی مۆلکیولی زۆر لە پرۆسە زیندەناسییەکاندا، دەکرێت زۆر بە خێرایی ئەنجام بدرێن (لە چەند تریلیۆنمێکی چرکەدا) و هەروەها دەکرێت لە مەودایەکی کورتی ئەتۆمیدا بێت- وەک ئەو درێژی و سکێڵە کاتییەی کە دەکرێت لەودا پرۆسە کوانتەمییەکانی هاوشێوەی تونێللێدان کاریگەریی هەبێت. بەم شێوەیە هەرچەندە داباری هەرگیز ناکرێت بە تەواوەتی پێشی پێ بگیررێت، بەڵام لەوانەیە بۆ ماوەیەک بپارێزرێت کە بە ڕادەی پێویست لە دیدی زیندناسییەوە بەکەڵک بێت.

گەشت بۆ ناوەندی ڕۆشنەپێکهاتن

بۆ چرکەیەک سەیری ئاسمان بکە، ستوونێک بە درێژیی ١٨٦٠٠٠ مایل دێتە خوارەوە بۆ ناوچاوت. لە هەمان چرکەدا، ڕووەکەکانی سەر زەوی و میکرۆبەکانی ڕۆشنەپێکهاتن لەم ستوونەی ڕوناکیی خۆر هەڵدەمژن، بۆ ئەوەی ١٦٠٠٠ تەن مادەی نوێی ئۆرگانی لە فۆرمی درەختەکان، ڕووەک، قەوزەی دەریا، گوڵ، سوورەدارە زەبەلاحەکان و سێو دروست بکەن. ئامانجی ئێمە لەم بەشەدا بریتییە لە دۆزینەوەی ئەوەی ئەم یەکەم هەنگاوەی گواستنەوەی مادەی بێگیان بۆ بە نزیکەیی هەموو مادە زیندووەکانی سەر هەسارەکەمان بە ڕاستی چۆن کار دەکات؛ نموونەکەمان لەم گواستنەوەدا گۆڕینی هەوای نیوئینگلاندە بۆ سێوێک لەسەر درەختی نیوتن.

بۆ بینینی ئەم پرۆسەیە لەم بەشەدا، ئێمە دووبارە ژێردەریایی نانۆتەکنەلۆجیا بە کار دەهێنین کە بۆ پشکنینی بەشی کرداری ئەنزیمەکان لە بەشی پێشوودا بە کارمان هێنا. سەرەتا بە ژێردەریاییەکەدا سەردەکەویت و سویچی بچووککردنەوە لێ دەدیت و بەرەو سەرەوە لێدەخوڕێت، بە ناو لق و پۆپی درەختەکەدا سەردەکەوێت و لەسەر گەڵایەکی پان دەنیشێتەوە. گەڵاکە پانوبەرینە و تا دوورترین کەنارە ئاسۆییەکان لە دەست دەچێت، دەکشێت و ڕووبەرەکەی کە بە شێوەی نەرمە، دەبێت بە پلاتفۆرمێکی ناڕێکوپێک کە بە بلۆکی لاکێشەیی سەوزڕەنگ فەرش کراوە، کە پێی دەگوترێت خانە ئیپدرمسەکان (epidermis) و بلۆکە خڕەکان پێی دەگوترێت ستۆماتا (stomata): کارەکەیان بریتییە لەوەی مۆڵەت بدەن بە هەوا و ئاو (جەوهەرەکانی ڕۆشنەپێکهاتن) بۆ ئەوەی لە ڕووبەری گەڵاکە بەرەو ناوەوە تێپەڕ ببن. تۆ کەشتییەکە لێدەخوڕیت بەرەو نزیکترین ستۆما و کاتێک بۆرییەکە درێژییەکەی تەنها ١ میکرۆنە (١ ملیۆنەمی مەتر)، کەشتییەکە بە ڕێگەی کونەکە دەبەیتە ژوورە و دەچیتە ناو گەڵا ڕووناک و سەوزەکە. بۆ ساتێک لە ناوەوە پشوویەک بدە، لە

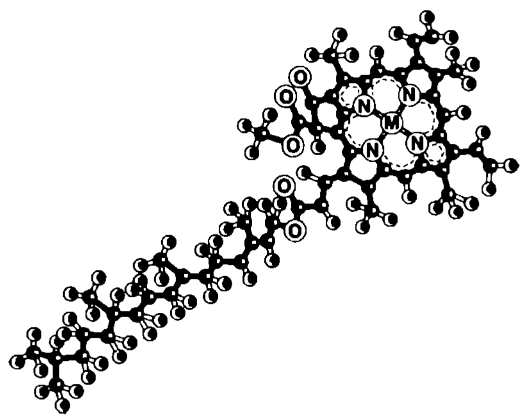
شوێنێکی هەراو کە فەزاکە بنەکەی بە خانەی سەوز فەرش کراوە و سەرمیچەکەی بە کەیبڵی ئەستووری لوولەکی گیراوە. کەیبڵەکان شادەماری گەڵاکەن، کە هەڵگری ئاوە لە ڕیشەکانەوە بەرەو گەڵاکە (بۆرییەکانی کسلیم (xylem vessels)) یان شەکرە نوێیە دروستبووەکە لە گەڵاکەوە بۆ شوێنەکانی تری ڕووەکەکە دەگوازرێتەوە (بۆرییەکانی فلۆم (phloem vessels)) ئەگەر زۆرتر بچووک ببیتەوە، ڕوخساری شێوەگابەردیی خانەکە لە هەموو ئاراستەکاندا زیاتر دەکرێتەوە، تا ڕادەیەک کە بە گەورەیی گۆڕەپانێکی تۆپێن دەردەکەوێت. لەم قەبارەیەدا - کە ئێستا بالآکەی تۆ بە نزیکەیی ١٠ نانۆمەترە، یان ١ سەدهەزارەمی میلیمەتر - دەکرێت ببینیت کە ڕووبەرەکەی بە ژێیە شێوە هێلەکە لینجەکان خەملێوە، کە زۆرتر لە داری فەرش دەچێت. مادە پەتییەکان دیواری خانەن، کە جۆرێک ئێسکەپەیکەری دەرەکییە. ژێردەریاییە نانۆییەکەت بە ئامرازگەلێک بەستراوەتەوە کە ڕێچکەی خۆی لە ناو ئەم هێلەکە لینجەدا دەکاتەوە و پەردەی خانە دەردەخات کە بریتییە لە بەربەستێکی نەبڕ لە نێوان خانەکە و ناوەندە دەرەکییەکەی. وردبینییەکی نزیکتر دەری دەخات بە تەواوەتی ساف نییە، بەڵکو بە هۆی کونە پڕ لە ئاوەکانەوە چاڵوچۆڵ بووە. ئەم کەناڵانەی پەردە، پێی دەگوتریت پۆرینس (porins) کە بریتین لە خانە ستوونییەکان، کە ڕێگە دەدات خۆراک بچێتە ژوورە و زبڵ بێتە دەرەوە. بۆ چوونە ناو خانەکە تەنها پێویستە لە پاڵ یەکێک لە پۆرینەکاندا ڕابوەستیت، ئەو بە ڕادەی پێویست دەکرێتەوە بۆ ئەوەی بچێتە ناو خانە ئاوەکییەکەوە.

هەر کە چوویتە ناو کەناڵەکەی پۆرینەوە، تۆ بە خێرایی دەبینیت کە ناو خانەکە زۆر جیاوازە لە دەرەوەی. لەجیاتیی ستوونە شاهانەکان، فەزا کراوە پانەکانی ئەم ناوە زۆر قەرەباڵغ و تێکەڵوپێکەڵە. وەک شوێنێکی زۆر قەرەباڵغ وایە! شلەیەکی ئاوەکی کە

ناســـراوه به سیتۆپلاســـم (cytoplasm) خـــانەکە پــڕ دەکـــات، کە ئەستوور و لینجە؛ لە شـوێنەکاندا زۆرتـر لە جێڵ دەچێت تـا شـلە. لە نـاو جێڵەکەدا بە هەزاران تەنی خڕۆکەی نارێکوپێک هەڵواسراون کە وا دەردەکەون لە دۆخـــی جـــوولەی نەگـــۆڕی ناوەوەیـــدان. ئەمـــانە ئەنزیمەکـانی پـڕۆتینین، هاوشـێوەی ئەوانەی کە لە بەشـی پێشـوودا بەرکەوتنمان لەگەڵی هەبوو و بەرپرسن لە زیندەچالاکییە خانەییەکان، خۆراکەکـــان دەشـــکێنن و بـــایۆمۆلکیولی لە شـــێوەی کاربۆهیـــدرات دروســـــت دەکەن، DNA، پرۆتینەکـــــان و چەورییەکـــــان. زۆر لەم ئەنزیمانە لە ناو تۆڕێک لە کەیبڵەکاندا کۆنترۆڵ کراون (سیتۆسکیلتنی خانەیی (cytoskeleton)) زۆرتر لە کەیبڵەکانی بەرزکەرەوە دەچێت، کە وا دەردەکەوێـت ژمـــارەیەکی زۆر لە شـــوێنە جیاوازەکـانی نـــاوە خانەکە دادەنێت. ئەم تۆڕی گواستنەوەیە وا دەردەکەوێت لە چەندین هابەوە هاتبێتە دەرەوە، کە کەیبڵەکان بە کەپسوولە گەورە سـەوزەکان گـرێ درابێـت. ئەم کەپسـوولانە خانەکـانی کلۆرۆپلاسـتن کە لە نـاو ئەواندا کرداری ناوەندی ڕۆشنەپێکهاتن ئەنجام دەدرێت.

تـۆ ژێردەریـاییەکەت بە نـــاو سیتۆپلاســـمی لینجـدا لێـدەخوڕیت. بەرەوپێشچوونەکان هێواشـە، بەڵام سـەرئەنجام دەگەیت بە نزیکترین کلرۆپلاست. ئەو وەک بالۆنێکی سـەوزی زەبەلاح لە ژێر پێی تۆدایە. تـۆ دەکرێـت ئەو وەک خـانەیەکی داخـراو ببینیـت، کە بە پەردەیەکـی شـەفاف گەمارۆ دراوە کە دەکرێت لە پشتیەوە کۆمەڵەیەکی شتی لە سـکە چـوو ببینیـت. ئەمـانە سـیلاکۆیدەکانن، کە بە بە تەواوەتـی بە مۆلکیـولی کلرۆفیـل پـڕ کـراون کە کاتێـک بە فۆتـۆنی ڕوونـاکی دەورووژێــــن، دەکرێــــت ئەتۆمەکــــانی کــــاربۆن (هەڵمــــژراو لە دوانەئۆکسـیدی هەواوە) پـێکەوە گـرێ بـدات و بیکـات بە شـــەکر و بینێرێت بۆ سێوەکەی ئێمە. بۆ بەدەستهێنانی دیدێکی باشـتر بۆ یەکەم هەنگاوی ڕۆشنەپێکهاتن، کەشتییەکە بەرەو یەکێک لە کونەکان لە نـاو پەردەی کلرۆفیل بەرەو سکە زۆرترین سـەوزەکەی سـەرەوی کۆمەڵە

ســـيلاكۆيدەكە لێبخـــورپە. دوای گەیشـــتن بە مەقســـەد، بـــزوێنەری ژێردەریـــاییەکە بکوژێنەوە و لێبگەڕێ تـــا کەشـــتییەکە لەســـەر شـــوێنی کرداری ڕۆشنەپێکهاتنەکە ڕابوەستێت.



وێنەی ٤:٥
مۆلکیولی کلرۆفیل

لە ژێر تۆدا تەنها یەکێک لەو تریلیۆنەها مەشینەی ڕۆشنەپێکهاتن کە دروستکەری مادەی زیندووی جیهانە، کەوتووە. لەو خاڵی بینینەی خۆتەوە دەکرێت ئەو شـتانە ببینیت کە ئێمە لە بەشـی پێشـوودا لە تـاقیکردنەوەی ئەنزیمەکـان دۆزیمـانەوە، هەرچەنـدە گێژاوێـک لە بەرکەوتنـی مۆلکیـولی تـۆپە شـێوە بیلیاردەکـان لە دەوروبەردا دەبینرێـت. بەڵام نەزمێکـی بەرچـاویش هەیە. ڕووبەری پەرەدەکەی سیلاکۆیدەکان بە دوورگە سەوزە شێوە دارستانەکان نەخشاوە، کە کۆتاییەکەیان ئالێری پلێتی شێوە ٥ لاییە. ئەم پلێتانەی ئالێر بریتین لەو مۆلکیـولانەی ڕوونـاکی وەردەگـرن و ناویـان کرۆمۆفـۆرە، کە کلرۆفیـــل ناســـراوترین نموونەیـــانە و ئەوان یەکەم هەنگـــاوی ڕۆشنەپێکهاتن، واتە هەڵمژینی ڕووناکی ئەنجام دەدەن.

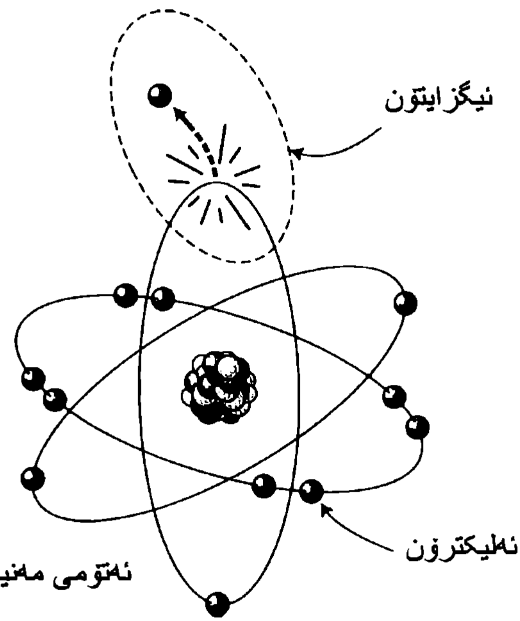
لەوانەیە دووەم گرنگتـــرین مۆڵکیـــوڵ لەســـەر ڕووەکەکەی ئـــێمە (دوای DNA) بریتـی بێـت لە کلرۆفیـل، کە ئەرزشـی ئەوەی هەیە لە نـزیکەوە ســەیر بکرێـت (وێـنەی ٤:٥). ئەو بـریتییە لە ڕێسـایەکی دوورپەهەندیی دروستبوو لە ڕێزکراوی ٥ لایی دروستبوو لە کاربۆن (گۆ ـبۆرەکـان) و ئەتۆمەکـانی نیتـرۆجین (N) کە ئەتـۆمێکی ناوەنـدی مەنیەزیۆمیان (M) لە خۆ گرتەوە، بە کلکێکی درێژی ئۆکسـیجین (O) و ئەتـۆمە سـپییەکانی هایـدرۆجین (سـپی). دەرەوەتـرین ئەلیکترۆنـی مەگنەسـیۆم زۆر بە لاوازی پابەنـدی ئەتـۆمەکەیەتی و دەکرێـت لە قەفەسـی کـاربۆن تەنهـا بە هەڵمژینـی فۆتـۆنێکی وزەی خـۆر خـۆی ڕزگـار بکـات و لە دوای خـۆی بە دروسـتکردنی گاپێـک ئەتۆمێـک بە بـارگەی پـۆزەتیڤەوە بەجـێ بهێڵێـت. ئەم گـاپە یـان کـونە ئەلیکتـرۆنە دەکرێـت بە ڕێگەیەکـی مـوجەرەد وەک "شـت لە خۆیـدا" لەبەرچـاو بگیررێـت: کونێـک بە بـارگەی پـۆزەتیڤەوە. ئایـدیاکە بـریتییە لەوەی وامان داناوە ئەتۆمی مەنیەزیۆم بە نیوترایی (بێبـارگەیی) دەمێنێتەوە تا ئەو کاتەی بە ڕێگەی هەڵمژینی فۆتۆنێک سیستەمێکی پێکهاتوو لە ئەلیکترۆنێکی نێگەتیڤی دەرچوو و کونێکی پۆزەتیڤی بەجێماو دروست دەبێت. ئەم سیستەمە دوانییە نـاوی ئیگزایتـۆنە (Exciton) (سـەیری وێـنەی ٤:٦ بـکە) و دەکرێـت وەک بـاترییەک لەبەرچـاو بگیررێـت کە توانای هەڵگرتنی وزەی بۆ پاشەکەوتکردنی دواتر هەیە.

ئیگزایتۆنەکـان ناهاوسـەنگن. ئەلیکتـرۆنەکە و هـۆڵەکە هەسـت بە هێزێکـی ڕاکێشـەری کارۆڕوونـاکی لە نێـوان خۆیانـدا دەکەن. ئەگەر ئەوان ببـنەوە بە یەک، فۆتـۆنە سـەرچاوەییەکە بە شـێوەی گەرمـا لەکـیس دەچێـت. هەر بـۆیە ئەگەر ڕووەکەکە وزەی خـۆر کـۆنترۆڵ بکـات، ناچـارە بە خێرایـی ئیگزایتـۆنەکە بگـوازێتەوە بـۆ یەکەیەکـی بەرهەمهێنی مۆڵکیوڵی کە ناسراوە بە ناونـدی کاردانەوە (reaction center) کە لەوێـدا پرۆسـەیەک بە نـاوی جیـاکردنەوەی بـارگە دێتە ئاراوە، بە شێوەی بنچینەیی ئەمە کەندنەوەی ئەلیکترۆنێکی وزەدار و

گواستنەوەیەتی بۆ مۆڵکیوڵێکی دراوسێ، زۆرتر هاوشێوەی کرداری ئەنزیمی، کە لە بەشی پێشوودا بینیمان. ئەم پرۆسەیە زۆرتر باترییەکی کیمیایی هاوسەنگ دروست دەکات (بە ناوی NADPH) تا ئیگزایتۆنێک، کە بە کار دێت بۆ وەگەڕخستنی هەموو کاردانەوە کیمیاییە ڕۆشنەپێکهاتنەکان.

بەڵام ناوەندەکانی کاردانەوە بە شێوەی باو بە تەواوەتی دوورن، بە زمانی مۆڵکیولی (مەودای چەند نانۆمەترێک) لە مۆڵکیولەکانی کلرۆفیلی ورووژاوەوە، وزە ناچارە لە مۆڵکیولێکی ئالێرەوە لە ناو دارستانی مۆڵکیولەکانەوە بگوازرێتەوە بۆ ئەوی تر تا دەگاتە ناوەندی کاردانەوە. ئەمە بە هۆی سروشتی تا ڕادەیەک کۆوەکراوی کلرۆفیل ئەنجام دەبێت. مۆڵکیولە دراوسێیەکان کە هەر کامێکیان فۆتۆنێک هەڵبمژێت، دەکرێت بورووژێت، بە شێوەی کاریگەر وزەی سەرەتایی ئەلیکترۆن بە میرات دەبەن، کە لە دواییدا دەگوازرێتەوە بۆ ئەلیکترۆنەکەی ئەتۆمەکەی مەگنەزیۆم.

هەڵبەت، پرسەکە بریتییە لەوەی ئەم وزەیە بە کام ڕێچکە دەبێت بگوازرێتەوە. ئەگەر بە ئاڕاستەی هەڵەدا بڕوات و بە شێوەی هەڕەمەکی لە مۆڵکیولێکەوە باز بدات بۆ ئەوی تر لە دارستانی کلرۆفیلدا، ئەمە سەرئەنجام لەجیاتیی ئەوەی وزە بگوازرێتەوە بۆ ناوەندی کاردانەوە، بەفیڕۆی دەدا. کام ڕێگە بە کار دەهێنرێت؟ پێش ئەوەی ئیگزایتۆن نەمێنێت، کاتی زۆری نییە بۆ ئەوەی ڕێگەکە بدۆزێتەوە.



وێنەی ٦:٤

ئیگزایتـۆن پێک هـاتووە لە ئەلیکترۆنێک کە لە ڕێچکەکەی لە نـاو ئەتۆم فڕێ دراوەتە دەرەوە، لەگەڵ ئەو کونەی لە دوای خۆی بەجێی دەهێڵێت.

تـا ئەم دوایـیە، وا دادەنـرا ئەم بـازدانی وزەیە بە ڕێگەیەکـی بە تەواوەتی هەڕەمەکی لەم مۆڵکیوڵەوە بۆ ئەوی تر دەکرێت، بە شـێوەی بنەڕەتـی ناسـراوە بە سـتراتیژیی گەڕان بە شـێوەی ڕۆیشـتنی هەڕەمەکـی. ئەمە هەنـدێک جـار پێـی دەگوترێـت "ڕۆیشـتن بە سەرخۆشی"، چونکە وەک ڕێچکەی سەرخۆشێک وایە کە لە باڕ دێتە دەرەوە و بەملاولادا دەکەوێت تـا سـەرئەنجام دەگاتەوە مـاڵەوە. بەڵام ڕۆیشتنی هەڕەمەکی ڕێگەیەگی زۆر کارامە نییە، دەکرێت بۆ هەموو

شوێنێک بچێت: ئەگەر خانووی سەرخۆشەکە دوور بێت، ئەو لەوانەیە بەیـانی هەسـتێت لە خەو و خـۆی لە نـاو گژوگیـا لە لایەکـی تـری شارەکەدا ببینێتەوە. تەنێک کە بە شـێوەی هەڕەمەکی هەنگاو دەنێت، مەودای دوورکەوتنەوەی لە خاڵی سـەرەتا هـاوڕێژەیە لەگەڵ ڕیشـەی دووەمی ئەو کاتەی دەیبات. ئەگەر لە خولەکێکدا سەرخۆشێک ١ مەتـر بڕواتە پێش، کەوابوو دوای ٤ خولەک ٢ مەتر دەچێتە پێش و دوای ٩ خولەک تەنها ٣ مەتـرە. بە سـەرنجدان بەم بەرەوپێشـچوونە هێواشـە، جـێگەی سەرسـوورمان نیـیە کە بە دەگـمەن ئـاژەڵ و میکرۆبەکـان ڕۆیشتنی هەڕەمەکی بۆ دۆزینەوەی خۆراک یان ڕاو بە کار دەهێنن، تەنهـا کاتێـک پەنـا بـۆ ئەم سـتراتیژییە دەبەن کە هـیچ ڕێگەیەکـی تـر نەبێـت. مێـروولەیەک لەسـەر زەوییەکـی نائاشـنا بەربـدەوە، هەر کە بۆنێـک ببیسـتێت، ڕۆیشـتنە هەڕەمەکییـەکە بەجـێ دەهێڵێـت و دوای بۆنەکە دەکەوێت. وا دەدنرا بەبێ لـووت و بەبێ ئاڕاستەکردن، وزەی ئیکزایتـۆن بە سـتراتیجیی سـەرخۆش لە نـاو دارسـتانی کلـرۆفیلەوە بەرەو پێشــــەوە دەچێـــت. بەڵام ئەم وێـــنەیە لە یەکەم ڕووداو لە ڕۆشنەپێکهاتندا کە بە شێوەیەکی زۆر نائاسـایی چوستە، پەسـەندکراو نیـیە. لە ڕاسـتیدا گواسـتنەوەی وزەی فۆتـۆنی حەپسـکراو لە ئـالێری مۆڵکیـوڵێکی کلرۆفیل بـۆ ناوەنـدی کـاردانەوە، بەرزتـرین چوسـتی بە بەراورد بە هەر کاردانەوەیەکی دەسکرد یان سروشتیی ناسراو هەیە: نـزیکە بە ١٠٠ لە ١٠٠. لە بـارودۆخی دڵپەسـەنددا، بە نزیکەیـی هەر وزەیەکی هەڵمژراو لە لایەن مۆڵکیوڵی کلرۆفیلەوە دەگات بە ناوەنـدی کـاردانەوە. ئەگەر ڕێچـکەی گـرتنەبەر ڕێگەیەکـی ئـاڵۆز بێـت، بە دڵنیـاییەوە زۆربەیـان لەکیس دەچێت. چۆن ئەم وزە ڕۆشـنەپێکهاتنە دەکرێـت ڕێـگەکەی بەرەو مەقســەد زۆر باشــتر لە سەرخۆشـێک، مێــروولەیەک یــان بە ڕاســتی لە چوســترین تەکنەلۆژیــای وزە بدۆزرێتەوە، یەکێکە لە مەتەڵە هەرە گەورەکانی زیندەناسی.

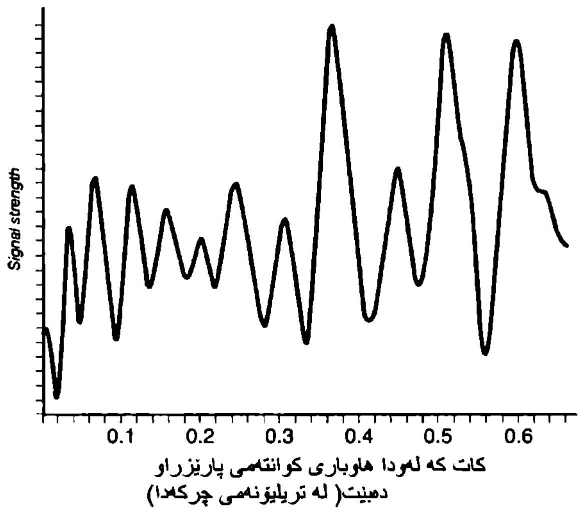
لێدانی کوانتەمی

نووسەری سەرەکی لە نووسینی ئەو توێژینەوەیەی کە هەوێنی وتاری ڕۆژنامەکە بوو، کە جۆرنال کلوپەکەی MITی بە هۆی کوانتەمەوە هێنایە پێکەنین، سروشتناسێکی ئەمەریکایی بە ناوی گراهام فلیمینگ (Graham Fleming) بوو[٢١]. لە بارۆو لە باکووری ئینگلتەرا، لە ساڵی ١٩٤٩دا لە دایک بووە، فلیمینگ ئێستا ڕێبەرایەتیی گرووپێک لە زانکۆی برێکلی لە کالیفۆرنیا دەکات، کە بە یەکێک لە تیمە پێشڕەوەکانی توێژینەوە لەم بوارە لە هەموو جیهاندا دادەنرێت، بە بەکارهێنانی تەکنیکی بەهێز بە ناوی "گۆڕینی فوریەی دووڕەنەی شەبەنگپێوی ئەلیکترۆنی" (2D-FTES). 2D-FTES دەکرێت پشکنین لە ناو ڕێسای ناوەوەیی و داینامیکیی وردترین سیستەمە مۆلکیولییەکان و بەئامانجگرتنیان بە پرتەی لەیزەری زۆر ورد دەکات. گرووپەکە زۆرترینی ئەو کارانەی ئەنجامیان داوە لەسەر ناڕووەکەکان بووە، بەڵام ئاوێتەیەکی ڕۆشنەپێکهاتنی بە ناوی پرۆتینی فینا – ماتی و- ئۆلسۆن (FMO) کە بە هۆی میکرۆبەکانی ڕۆشنەپێکهاتنەوە بە ناوی باکتریای سولفوری سەوزەوە دروست دەبێت، لە قووڵایی ئاوە دەوڵەمەنەکان بە سولفاید وەک دەریای ڕەش دۆزرایەوە، بە توێژینەوە لەسەر ئەم نموونە کلرۆفیلە توێژەران سەرکەوتوانە ٣ پرتەی ڕووناکیی لەیزەریان بۆ ناو ئاوێتەکانی ڕۆشنەپێکهاتن نارد. ئەم پاڵسانەی وزەکەیان بە خێرایی و لە کاتی زۆر ورددا دەنێرن و نیشانەیەکی ڕووناکی لە نموونەکەدا بەرهەم دەهێنن، کە هەستەوەرەکان هەستی پێ دەکەن. گریگ ئینگل (Greg Engel)، نووسەری سەرەکیی وتارەکە، هەموو شەوەکە خەریکی کۆکردنەوەی ئەو داتایانە بوو کە بە هۆی نیشانەکانەوە بەرهەم

[21] G. S. Engel, T. R. Calhoun, E. L. Read, T-K. Ahn, T. Man˘cal, Y-C. Cheng, R. E. Blankenship and G. R. Fleming, "Evidence for wavelike energy transfer through quantum coherence in photosynthetic systems," Nature, vol. 446 (2007), pp. 782–6.

دەهاتن و کاتێکی لە نێوان ٥٠ بۆ ٦٠٠ فمتۆچرکە (فمتۆچرکە بریتییە لە ١ ملیۆنمی ١ ملیاردم یان 10^{-15} چرکە) دادەپۆشی بۆ ئەوەی نەخشەی ئەنجامەکان بکێشێت (سەیری وێنەی ٤:٧ بکە). ئەم لەرینەوانە نزیکن لە شێوازی بەیەکداچوونی ڕووناکی و فریزە تاریکەکان لە تاقیکردنەوەی دووکەلەبەری، یان هاوتای کوانتەمیی لێدانی دەنگە بەمەکان کاتێک ئامێرێکی موزیک لێ دەدەیت. ئەم لێدانە کوانتامییانە پیشان دەدات کە ئیگزایتۆن لە ناو کلرۆفیلی ئاڵۆزدا تەنها ١ ڕێچکەی نییە، بەڵکو هاوکات چەندین ڕێچکە دەگرێتە بەر (وێنەی ٤:٨). ئەم ڕێچکە ئەلتەرناتیڤانە تا ڕادەیەک هاوشێوەی نۆتەی پرتەکانی ئاهەنگی گیتار وان: ئەوان لێدانەکان کاتێک بەرهەم دەهێنن کە بە نزیکەیی یەک درێژییان هەبێت.

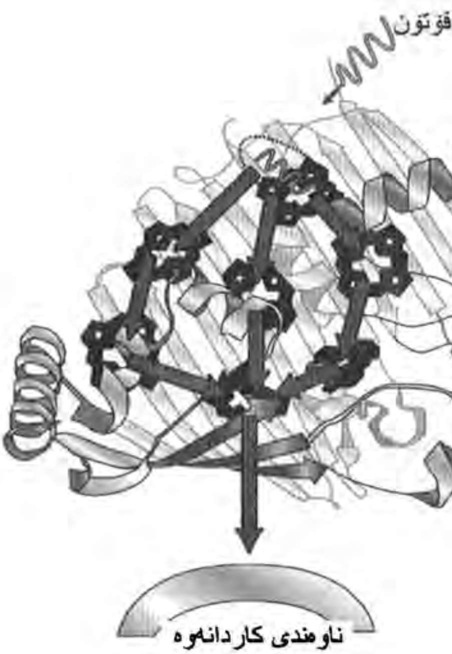
بەڵام لە بیرت نەچێت کە وەها هاوبارییەکی کوانتەمی زۆر هەستیارە و زۆر زەحمەتە بپارێزرێت. ئایا بە ڕاستی دەکرێت میکرۆبێک یان ڕووەکێک باشتر لە چالاکییەکانی باشترین و درەوشاوەترین توێژەرەکانی MIT دەکرێت خۆیان لە دابڕاندنی بپارێزن؟ لە ڕاستیدا ئەمە قسەیەکی جەسوورانە لە پەیپەرەکەی فلیمینگدا بوو، وەک چۆن سیسیللۆید شرۆڤەی کردبوو هانکی - پامکی کوانتەمی بوو، کە مقۆمقۆی لە کلوپی جۆرناڵەکەی MIT نایەوە.



وێنەی ٧:٤

لێـــدانە کـــوانتەمییە بینراوەکـــان لە لایەن گراهـــام فلیمینـــگ و هاوکارەکـانی لە تـاقیکردنەوەکەی ٢٠٠٧. ئەوەی گـرنگە ڕوخســاری لەرینەوەکان نییە، بەڵکو ئەو ڕاستییەیە کە بە گشتی لەرینەوە هەیە.

گرووپەکەی برێکلی پێشنیازی کرد کە بۆ ئەوەی خێراترین ڕێچکە بەرەو ناوەنـــدی کـــاردانەوە بـــدۆزێتەوە، ئـــاوێتەی FMO وەک کۆمپیوتەری کوانتەمی کار دەکات. پرسێکی تەنگەژیی بۆ باشـترکردن، هاوتای پرسی بەناوبانگی گەشتی پیاوی فرۆشیار لە ماتماتیکدایە، کە تەنهـا بە کۆمپیـوتەری زۆر بەهێـز شـیاوی چارەسـەرکردنە (پرســی گەشتی پیاوی فرۆشـیار بـریتییە لە دۆزینەوەی کـورتترین ڕێچکە لە نـاو ژمـارەیەکی گەورە شـاردا. بە شـێوەی ماتمـاتیکی ناسـراوە بە پرســی قورســی NP: کە بـریتییە لەوەی هـیچ ڕێگەیەکـی کـورت بـۆ چارەسـەر لەئارادا نییە، تەنـانەت بە شـێوەی تیۆری، تـاکە ڕێـگە بـۆ دۆزینەوەی باشترین شیکار ملدانە بە هەژمـارکردنی قورس، گەڕانـی ورد بە ناو هەموو ڕێچکە مومکینەکان).



وێنەی ٨:٤

ئیگزایتۆن بە ڕێگەی پڕۆتینی FMO لە یەک کاتدا چەندین ڕێگە دەگرێتە بەر.

سەرەڕای گومانەکانیان، کلوپی جۆرناڵەکە سیس لۆیدیان دانا لێکۆڵینەوە لە بابەتەکە بکات. بۆ هەموو کەسێک لە MIT جێگەی سەرسووڕمان بوو، ئەنجامی کارە پشکنینە زانستییەکەی لۆیدا هەر ئەوە بوو کە گرووپەکەی کالیفۆرنیا دەیانگوت. لێدانەکان کە گرووپەکەی فلیمینگ لە ئاوێتەی FMO دۆزییانەوە، لە ڕاستیدا واژۆیەکی هاوباریی کوانتەمی بوو و لۆید گەیشت بەو ئەنجامەی کە مۆلکیوڵەکانی کلرۆفیل بەپێی ستراتیجییەکی ناوازەوە کار دەکەن کە ناسراوە بە هەنگاوی کوانتەمی (Quantum walk).

باشیی هەنگاوی کوانتەمی بەسەر هەنگاوی هەرەمەکیی کلاسیکی دەکرێت بە گەڕانەوە بۆ جوولە هێواشەکەی سەرخۆشەکەمان و وێنای ئەوەی کە ئەو بارەی بە جێی هێشتووە، کونە و ئاوەڕۆکەی لە دەرگاکەوە دێتە دەرەوە. ناهاوشێوە لەگەڵ سەرخۆشەکەی ئێمە، کە دەبێت ١ ڕێچکە هەڵبژێرێت، شەپۆلەکانی ئاوی بارەکە بە هەموو ئاراستەکاندا بڵاو دەبێتەوە. پیاسەکەرە سەرخۆشەکە خۆی وەک شەپۆلی ئاو لەسەر جادەکان دەبینێت کە بەرەو پێشەوە دەچێت و نرخی دوورکەوتنەوەی گرێدراوە بە کاتی تێپەڕیو نەک ڕەگە دووەمەکەی. هەر بۆیە ئەگەر لە چرکەیەکدا ١ مەتر بچێتە پێش، دوای ٣ چرکە ٣ مەتر و تا دوایی پێش دەکەوێت. نە تەنها ئەوە، بەڵکو وەک ئەتۆمە هاوێژراوەکان بەرەو تاقیکردنەوەی دووکەلەبەری، چونکە هەموو ڕێچکەکان دەگرێتە بەر، هەندێک بەشی پێشەوەی شەپۆلەکە لە بەرەوپێشچوونی سەرگەردانەکەی سەرخۆشەکە دەکەوێت لە خانووەکەی.

وتارە زانستییەکەی فلیمینگ شەپۆلی سەرسوورمان و حەیرانبوونی خۆی هەبوو کە ڕۆیشت بەرەو ئەودیوی کلوپ جۆرناڵەکە لە MIT. بەڵام هەندێک لە نووسەرەکان بە خێرایی ئاماژەیان بەوە کرد کە تاقیکردنەوەکان دەبێت بە ئاوێتەی FMOی تەریککراوی ساردەوەبوو لە پلەی 77K (سەرمای -196^0C): بە ڕوونی زۆر ساردتر لە هەر پلەیەکی گەرمی کە لە ژیانی ئاساییدا ڕۆشنەپێکهاتن ئەنجام دەدات، بەڵام بە ڕادەی پێویست نزم هەیە کە لە دابارینی ئازاردەر لە شوێنەکەدا بپارێزرێت. بەڵام پەیوەندیی ئەم باکتریا ساردەوەبووە چییە لەگەڵ هەر شتێکدا کە دەچێتە ناو ناوەندی سارد و قەرەباڵغی خانە ڕووەکییەکان.

بە هەرحاڵ، بە زوویی ئەمە ڕوون بووەوە کە دابارینی کوانتەمی تەنها بە ئاوێتەکانی FMO سنووردار نابێت. لە ٢٠٠٩دا، ئیان میرکەر (Ian Mercer) لە کۆلێژی زانکۆی دوبلین (University College

(Dublin) لێـدانی کـوانتەمیی لە سیسـتەمێکی ڕۆشـنەپێکهاتنی تـر دەرخسـت (یـان بە کـورتی فۆتۆسیسـتەم) کە نـاوی لـێ نـا ئـاوێتەی درووێنەکەری ڕووناکیی II (Light Harvesting Complex II (LHC2))، کە زۆر هاوشـێوەی فۆتۆسیسـتەمێکی ڕووەکییە، بەڵام لە ناوەنـدێکی ئاسـایی بـۆ پـلەی گەرمـی، کە لەودا ڕووەکەکـان و میکرۆبەکان بە شێوەی ئاسایی ڕۆشنەپێکهاتن ئەنجام دەدەن[٢٢].

لە دواییدا لە ٢٠١٠دا گریگ شـۆلز (Greg Scholes) لە زانکۆی ئۆنتـاریو، شـرۆڤەی لێدانی کـوانتەمیی لە فۆتۆسیسـتەمی گرووپێـک قەوزەی دەریایی کرد (کە بە پێچەوانەی ڕووەکە بەرزەکان، ڕیشـە و گەڵا و لاسـیقیان نییە) و نـاوی نـا کریپتۆفیـت (crptophyte)، کە بە شـێوەی سەرووناتاسـایی فـراوانن و پەرەی پـێ دا بەرەو ئەوە کە ئەوان بەرپرس بن لە جێگیرکردنی بڕی کاربۆنی ئەتۆمۆسفێر زیاتر لە ڕووەکە بەرزەکـان (ئەوان دوانەئۆکسـایدی کـاربۆنی هەوا دەردەهێنن)[٢٣].

هەر بەنزیکەیی لەوکاتەدا، گریگ ئێگل لێدانی کوانتەمی لە هەمـان ئـاوێتەی (FMO) کە لە تـاقیگەکەی گراهـام فلیمینگـدا لێکـۆڵینەوەی لەسـەر کردبوو، شـرۆڤە کرد، بەڵام ئێسـتا لە پلەیەکی گەرمیی زۆر بەرزتردا کە پشتگیریی ژیانی دەکرد[٢٤].

---

[22] I. P. Mercer, Y. C. El-Taha, N. Kajumba, J. P. Marangos, J.W. G. Tisch, M. Gabrielsen, R. J. Cogdell, E. Springate and E. Turcu,

نەخشەکاری هاوکاتی گواستنەوەی ئەلیکترۆنیکی جووتکراو و وزەی گواستنەوە لە ئاوێتەی ڕۆشنەپێکهاتن بە بەکارهێنانی تیکەڵکەری گۆشەیی دووبارەشێکەرەوەی شەپۆلی ئۆپتیکی.

Physical Review Letters, vol. 102: 5 (2009), pp. 057402

[23] E. Collini, C. Y. Wong, K. E. Wilk, P. M. Curmi, P. Brumer and G. D. Scholes,

"درووێنەکردنی هاوباری سەیری قەوزەی دەریایی لە پەلی گەرمی ناوەندا"

Nature, vol. 463: 7281 (2010), pp. 644–7.

[24] G. Panitchayangkoon, D. Hayes, K. A. Fransted, J. R. Caram, E. Harel, J. Wen, R. E. Blankenship and G. S. Engel,

هاوبـاریی كـوانتەمیی درێـژمەودا لە ئاوێتەكـانی ڕۆشـنەپێكهاتن لە پلەی گەرمیی فیزیۆلۆجی[٢٥]. هەروەهـا لە كاتێكدا وا بیر دەكرایەوە كە ئەم دیـاردە سەرنجڕاكێشـە سـنووردارە بە باكتریـا و قەوزە، تیسـا كالون (Tessa Calhoun) و هاوكارەكانی لە تاقیگەكەی فلیمینگ لە بریكلـی لەم دوایـیـانەدا لێـدانی كوانتەمییـان لە سیسـتەمێكی تـردا دۆزیـیەوە، ئەم جارەیـان بـۆ سـپێناخ. LHC_2 (LHC_2) لە هەمـوو ڕووەكە بەرزەكاندا هەیە و هەڵگری ٥٠%ی كلرۆفیلی ڕووەكەكەیە[٢٦].

پێش ئەوەی بچینە پێشتر، بە كورتی شـرۆڤەی ئەوە دەكەیـن چۆن وزەی ئیگزایتـۆنی لە خۆرەوە وەرگیـراو، بە كـار دێـت، بەو شـێوەیەی فاینمـان شـرۆڤەی كـردووە: "بـۆ لێكـردنەوەی ئۆكسـیجن لە كـاربۆن و بەجێهێشـتنی كـاربۆن و ئـاو بـۆ دروسـتبوونی مـادەی درەخـت- یـان سـێو، لە ڕاسـتیدا شــرۆڤەكەی فاینمــان ڕاسـت نیـیە، ئۆكسـیجن لە ڕۆشنەپێكهاتندا لە كاربۆن ناكرێتەوە."

دوای ئەوەی وزەی پێویسـت گەیشـت بە ناوەنـدی كـاردانەوە، دەبێت بە هۆی ئەوەی جووتێك مۆڵكیولی كلرۆفیل (بە نـاوی P680) ئەلیكترۆنەكانیان دەربپەڕێنن. لە بەشـی ١٠دا تۆزێـك زیـاتر سـەبارەت بەوەی لە نـاو ناوەنـدی كـاردانەوەدا چـی ڕوو دەدات، فێـر دەبـین، چـونكە ئەوێ شـوێنێكی دڵـڕفێنە كە لەوانەیە هـێلانەی پرۆسـەیەكی كـوانتەمیی نـوێی تـر بێـت. سـەرچاوەی ئەم ئەلیكترۆنـانە ئـاوە (كە بە بیـرت بێـت یەكـێكە لە مـادە سـەرەتاییەكان لە شـرۆڤەكەی فاینمـان سـەبارەت بە ڕۆشـنەپێكهاتن). وەک لە بەشـی پێشـوو دۆزیمـانەوە،

[25] Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 107: 29 (2010), pp. 12766–70.

[26] T. R. Calhoun, N. S. Ginsberg, G. S. Schlau-Cohen, Y. C. Cheng, M. Ballottari, R. Bassi and G. R. Fleming,

"هاوبـاریی كـوانتەمی توانـا بە دیـاریكردنی دیمەنـی وزە لە ئـاوێتەی درۆیـنەی ڕووناكیی جۆری ٢"

Journal of Physical Chemistry B, vol. 113: 51 (2009), pp. 16291–5.

وەرگرتنـی ئەلیکترۆنەکـان لە لایەن هەر مـادەیەکەوە پێـی دەگوترێـت بەئۆکسـیدەبوون، ئەمەش هەمـان پرۆسـەیە کە لە کـاتی سـووتاندا ڕو ودەدات. بـۆ نمـونە کاتێـک دار لە هەوادا دەسـووتێت، ئەلیکترۆنەکـان لە لایەن ئەتۆمەکانی کاربۆنەوە ڕادەکێشرێن. ئەلیکترۆنەکان لە سـوورگەی دەرەوەی کـاربۆن زۆر بە لاوازی بەسـتراونەتەوە، ئەمەیە هـۆی ئەوەی کـاربۆن بە ئاسـانی دەسـووتێت. بە هەرحـاڵ، لە ئـاودا ئەوان زۆر بە قـایمی بەسـتراونەتەوە: سیسـتەمەکانی ڕۆشـنەپێکهاتن تاقـانەن، ئەوان تەنهـا لەو شـوێنانەدان لە جیهـانی سروشـتیدا کە ئـاو دەسـووتێت بـۆ ئەوەی ئەلیکترۆن بدات (کاتێک دەڵێین ئاو دەسووتێت، مەبەستمان ئەوە نییە بڵێین کە ئـاو سـووتەمەنییەکە وەک خەڵـووز، ئێمە ئەم چەمکە بۆ پیشاندانی پرۆسەی مۆڵکیولی بەئوکسایدەبوون بە کار دەهێنین).

تـا ئێسـتا هەمـوو شـتێک باشـە: ئـێمە ئێسـتا سـەرچاوەیەک لە ئەلیکترۆنی سەربەستمان هەیە کە بەرپرسن لە پێدانی وزە بە ڕێگەی ئیگزایتـۆن لە کلرۆفیلـدا. لە دواتـردا ڕووەکەکە پێویسـتی بەوەیە ئەم ئەلیکترۆنـانە بنێرێـت بـۆ شـوێنێک بە کـار بهێنرێـت. ئەوان سـەرەتا لە لایەن خانەکانی تایبەت بۆ گواستنەوەی ئەلیکترۆن جەزب دەبن، واتە لە لایەن NADPHەکـانەوە: مۆڵکیـولێکی هاوشـێوەی ئەمەمـان (NADH)، بە کورتی لە بەشی پێشـوو بینی، کە بریتـی بـوو لە گرتنـی ئەلیکترۆنە سەربەستەکان لە لایەن مادە خۆراکییەکانی وەک شەکر بۆ هەناسـەدانی خـانەیی زنجیـری ئەنزیمەکـان لە دەنکۆڵەکـانی وزەی خـانەدا، واتە میتۆکۆنـدریا. ئەگەر تـۆ بە بیـرت بێـت، ئەلیکتـرۆنە وەرگیراوەکـان بە ڕێـگەی NADH دەگوازرێنەوە بـۆ میتاکۆنـدریا، لە دواییـدا زنجیـرەیەک هەناسـەدانی خـانەیی وەک جۆرێـک تەزووی کارەبـایی دێـتە ئـاراوە کە بە درێژیـی پەردە پەمـپ دەدات لە پرۆتۆنەکان و لە دواییدا ئەم پرۆتۆنـانە بە کـار دێن بـۆ دروسـتبوونی خـانەی هەڵگری وزە، واتە ATP پرۆسـەیەکی زۆر هاوشـێوەی ئەمە بۆ دروستبوونی ATP لە کلرۆپلاستی ڕووەکدا بە کار دێت. NADH

خـۆراک دەدا بە ئەلیکترۆنەکـان و دەگـوازرێنەوە بـۆ زنجیـرەیەک لە ئەنزیمەکـان کە بە هاوشـێوە پرۆتۆنەکـان پەمـپ دەکـات بـۆ دەرەوەی پەردەی کلۆرۆپلاســـت. لێشـــاوی بەرەودواوەی ئەم پرۆتۆنـــانە بـــۆ بەرهەمهێنانی مۆلکیوڵەکانی ATP بە کار دێت، کە دەکرێت لە دواییدا بـڕواێت و توانـایەکی زۆر بـدات بە پرۆسـە زۆر وزەخۆرەکـان لە نـاو خانە ڕووەکییەکاندا.

بەڵام پرۆســـەی جێگیرکردنـــی ڕاســـتەقینەی کـــاربۆن، گرتنـــی ئەتۆمەکانی کـاربۆن لە دوانەئۆکسـایدی کـاربۆنی هەوا و بەکارهێنـانی بـــۆ دروســـتکردنی مۆڵکیـــوڵە ئۆرگـــانییە دەوڵەمەنـــدە بەوزەکـــانی هاوشـێوەی شـەکرەکان، لە دەرەوەی سـیلاکۆید دێـتە ئـاراوە؛ هەڵـبەت هێشـتا لە نـاو کۆلۆرۆپلاسـتدایە. ئەمە بە ڕێگەی کـۆمەڵەیەکی گەورە لە ئەنزیمەکـــان دەکرێـــت کە نـــاوی ڕوبیســـکۆیە (RuBisCO)، کە لەوانەیە زۆرتـرین پـڕۆتین لەســـەر زەوی بێـت، چـونکە ئەو ناچـارە گەورەتـــرین کـــار بکـــات. ئەم ئەنـــزیمە ئەتۆمەکـــانی کـــاربۆن کە دوانەئۆکسـایدی کـاربۆنە، ڕادەکێشـێت و بایـان دەدا بـۆ دروسـتکردنی مۆڵکیوڵی شـەکری ٥ کاربۆنیی سادە کە ناوی لـێ نـراوە ١-ڕیبولـۆس، ٥-بیسفۆسـفات (ribulose-1,5-bisphosphate) بۆ دروسـتکردنی شەکری ٦ کاربۆنی. بۆ گەیشتن بەم شاکارە، ٢ پێکهێنەری سـەرەتایی بە کـار دەهێنێت کە تێر کراون بە ئەلیکترۆنەکـان (بەخشـراو لە لایەن NADPH) و ســـــەرچاوەیەکی وزە (ATP). هەردووی پێکهێنـــــەرە سەرەتاییەکە بەرهەمی پرۆسـەی ڕووناکیی وەرگری ڕۆشنەپێکهاتنن.

شـەکری ٦-کـاربۆنی دروسـت بە هـۆی ڕوبیسـکۆ بە خێرایـی دابەش دەبێـت بـۆ ٢ شـەکری ٣ کـاربۆنی، کە پـێکەوە بە ژمـارەیەکی زۆر ڕێـگە پێکەوە نووساون بۆ ئەوەی هەموو زیندەمۆڵکیوڵەکان کە دارێکـی سـێو بە سێوەکەشـێـیەوە دروسـت دەکـات، دروسـت بـکەن. هەوای نازینـدووی نیوئینگلانـد و ئـاو بە یـارمەتیی ڕوونـاکی و لەگەڵ برێکـی کەم میکـانیکیی کوانتەمی، دەبن بە شانە زیندووەکانی درەختەکەی نیوئینگلاند.

بە بەراوردی ڕۆشـنـەپێکهاتن لە ڕووەکەکانـدا لەگەڵ هەناسـەدانی خـانەیی (سـووتاندنی خۆراکەکەمـان) لە نـاو خانەکەماندا دێتە ئـاراوە، کە لە بەشی پێشوودا قسەمان لەسەر کرد، کە دەکرێت لە ژێر پێستی ڕووەکە گیاندارانـدا بیبینیت کە زۆر جیاواز نین. جیاوازیی بنەڕەتی دەکەوێتە ئەو شوێنەی کە ئێمە و ئەوان بلۆکە بنچینەییەکانی ژیان بە دەسـت دەهێنـین. هەردووکمـان پێویسـتمان بە کـاربۆنە، بەڵام ڕووەکەکـان لە هەواوە وەری دەگـرن کە ئـێمە لە سـەرچاوە ئۆرگانییەکـانی وەک خـودی ڕووەکەکـانەوە وەری دەگـرین. هەردووکیـان پێویسـتیان بە ئەلیکتـرۆنە بـۆ دروسـتکردنی بایۆمۆلکیولەکـان: ئـێمە مۆلکیـولە ئۆرگانیکەکـان دەسـووتێنین بـۆ وەرگرتنـی ئەلیکترۆنەکانیـان، لە کاتێکـدا ڕووەکەکـان ڕوونـاکی وەردەگـرن بـۆ سـووتاندنی ئـاو بـۆ ئەوەی ئەلیکترۆنەکـانی ببـات. هەردووکیـان پێویسـتیان بە وزەیە: ئـێمە ئەوە لە ئەلیکتـرۆنە وزە بەرزەکـان لە نـاو خـۆراک بە دەسـت دەهێنـین، ئەویـش لێخۆڕینیـان بەرەو خـوارەوە لە تەپۆڵکەکـانی وزەی هەناسـەدانەوە؛ ڕووەکەکـان وزەی فۆتۆنەکانی خۆر وەردەگرن. هەر کام لەم پرۆسـانە جووڵەی تەنـۆلکە سـەرەتاییەکان لە خـۆ دەگرێـت کە لەژێـر فەرمـانڕەوایی ڕێسـاکانی کوانتەمـدان. وا دیـارە ژیـان پرۆسـە کوانتەمییەکـان بـۆ یارمەتی بە کار دەهێنێت.

دۆزیـنەوەی هاوبـاریی کـوانتەمی لە سیسـتەمە گەرم و تەڕ و گێژاوییەکـانی وەک ڕووەک و میکرۆبەکـان شـۆکێکی گەورە بـوو بـۆ فیزیـاییە کوانتەمییەکـان و ژمـارەیەکی زۆر تـوێژینەوە ئێسـتا چـڕ بـوونەتەوە لەسـەر ئەوەی چـۆن سیسـتەمە زینـدووەکان دۆخە کوانتەمییە ناسکەکان بە کار دەهێنن و دەیپارێزن. ئێمە لە بەشی ١٠دا دەگەڕێینەوە بۆ سەر ئەم مەتەڵە، کاتێک هەندێک لە وەڵامە مومکینە سەرسـووڕهێنەرەکان دەپشـکنین کە لەوانەیە تەنـانەت یـارمەتیی فیزیاییەکانی وەک تیۆریسازە کوانتەمییەکـانی MIT بدات بۆ ئەوەی

کۆمپیوتەرە کوانتەمییە کردەکییەکەیان وەها دروست بکەن کە لەجیاتیی ئەوەی لە سەرمای زۆر نزمدا کار بکات، لەسەر مێزی کارەکەیان کار بکات. توێژینەوەکە لەوانەشە ببێت بە هۆی ئیلهامی نەوەیەکی نوێی تەکنەلۆجیای ڕۆشنەپێکهاتنی دەستکرد. خانە خۆرییەکانی ئێستا بە شێوەیەکی شل و شەوێق بەندە لەسەر پرەنسیپەکانی ڕۆشنەپێکهاتن و لە پێشدا لە پێشبڕکێی خانەخۆرییەکاندان بۆ بردنی پشکێک لە بازاڕی وزەی خاوێن، بەڵام چوستییەکەی بە هۆی لەکیسچوونی وزە لە گواستنەوەدا سنووردارە (باشترین چوستییەکەیان ٧٠%ە بە بەراورد بە چوستیی ١٠٠%ی وزەی فۆتۆنە هەڵمژراوەکان لە ڕۆشنەپێکهاتندا). هێنانی هاوباریی کوانتەمیی ئیلهام وەرگیراو لە زیندەناسییەوە بۆ خانە خۆرییەکان ئەو توانایییەی هەیە کە چوستیی وزەی خۆر زۆر بەرز بکاتەوە و جیهانێکی خاوێنتر لەگەڵ خۆی بهێنێت.

کەوابوو، لە کۆتایی ئەم بەشەدا با بۆ ساتێک بزانین چی زیاد دەبێت کە سەبارەت بە ژیان تایبەت بێت. بۆ جارێکی تر، لێدانە کوانتەمییەکان کە گریگ ئێگل سەرەتا لە داتاکانی سەبارەت بە ئاوێتەی FMO بینیی، کە پیشانی دەدا تەنۆلکەکان وەک شەپۆل بە ناو خانە زیندووەکاندا دەڕۆن. پاڵنەرێک هەیە بۆ ئەوەی ئەمە وەک دیاردەگەلێکی سنووردار لە تاقیگە دابنێین، کە هیچ گرنگییەکی لە دەرەوەی ئەزموونی بایۆکیمیایی نییە. بەڵام توێژینەوەکانی دواتر ڕوونیان کردووەتەوە کە ئەوان دەبێت لە جیهانی سروشتیدا هەبن، لە ناو گەڵاکان، قەوزە و میکرۆبەکان و ئەوەی کە ئەوان ڕۆڵێک و لەوانەشە سەرنجڕاکێشترینیان لە دروستبوونی بایۆسفیرەکەماندا بگێڕن.

هێشتا جیهانی کوانتەمی زۆر سەیر بۆ ئێمە دەردەکەوێت و زۆربەی جار دەگوترێت ئەم سەیرییە، نیشانەی دابەشبوونێکی بنچینەیی لە نێوان جیهانەکەی ئێمە و بنچینە کوانتەمییەکەی پیشان

دەدات. بەڵام لە ڕاستیدا تەنها ١ کۆمەڵەیاسا هەیە کە فەرمانڕەوایی لەسەر ڕەفتارەکانی جیهان دەکات: ئەویش بریتییە لە یاساکانی کوانتەمی (لێرەدا پێویستە تایبەتمەندییەک زیاد بکەین کە میکانیکیی کوانتەمی ناکرێت بۆ هێزی کێشکردن بە کار بێت، ڕێژەی گشتی (کە بە هۆی ئەوەوە لە کێشکردن تێدەگەین) وا دەردەکەوێت لەگەڵ میکانیکیی کوانتەمدا ناگونجێت. یەکخستنی میکانیکیی کوانتەمی و ڕێژەیی گشتی بۆ بونیادنانی تیۆرییەکی کوانتەمی بۆ کێشکردن وەک یەکێک لە ئاڵنگارییەکانی بەردەم فیزیا ماوەتەوە). یاسا ئاشناکانی نیوتنی و ئاماری و لە کۆتاییدا یاساکانی کوانتەمی کە لە هاوێنەیەکی داباریییەوە دەپاڵێورێت و سروشتە سەیرەکە سانسۆر دەکات. هەرچی بکەیت هەمیشە میکانیکیی کوانتەمیی شارراوە لە دڵی هەقیقەتە ئاشناکەماندا دەدۆزیتەوە.

شتی زیاتر، هەندێک لە تەنە ماکرۆسکۆپییەکان بە دیاردە کوانتەمییەکان هەستیارن و زۆرترینی ئەمانە زیندوون. ئێمە لە بەشی پێشوودا دۆزیمانەوە چۆن تونێلێدانی کوانتەمی ناو ئەنزیمەکان دەکرێت جیاوازییەک بۆ هەموو خانەکە دروست بکات؛ لێرەدا پشکنینمان کرد چۆن ڕووداوی هەڵمژینی سەرەتایی فۆتۆن بەرپرسە لە دروستبوونی زۆرترینی زیندەمادەکانی سەر ڕووەکەکان کە وا دیارە بەندە لەسەر هاوباریی کوانتەمیی ناسک کە دەکرێت بۆ کاتێکی زیندەناسیی گونجاو لە ناو ناوچەی گەرم، بەڵام زۆر ڕێکخراوی ناو گەڵایەک یان میکرۆبێک، بپارێزرێت. جارێکی تر دووبارە ڕێکۆپێکی لە ڕێکوپێکیی شرۆدینگێر توانای وەرگرتنی ڕووداوە کوانتەمییەکانی هەیە، کە جۆردەن ناوی ناوە دەلالەتی دیاردە کوانتەمییەکان لە ناو جیهانی ماکرۆسکۆپی. وا دەردەکەوێت ژیان بریتی بێت لە پردی نێوان جیهانی کوانتەمی و کلاسیکی کە لەسەر لێواری کوانتەمی لێ درابێت.

له بەشی دواتردا ورد دەبینەوە لە پرۆسەیەکی بنچینەییتر بۆ بایۆسفیرەکەمان. درەختە سێوەکەی نیوتن هێشتا ناتوانێت هیچ سێوێک بگرێت ئەگەر شکۆفەکانیان بە هۆی باڵندەکان و مێرووەکان بە تایبەتی هەنگەکان نەپیتێنرێت. بەڵام هەنگەکان ناچارن شکۆفەی سێوێک بدۆزنەوە؛ ئەوان تواناییەکی تر بە کار دەهێنن کە زۆر کەس بڕوایان وایە بە ڕێگەی میکانیکیی کوانتەمییە- هەستی بۆنکردن.

٥
دۆزینەوەی ماڵی نیمۆ

"بۆ نموونە لووت، کە هیچ فەیلەسووفێک بە ڕێز و تەقدیرەوە قسەی لەسەر نەکردووە- هەڵبەت هەر وا بە شێوەی سەرەتایی هەستیارترین ئامێری بەکارهێنانە لە ژیانماندا. ئامێرێکە کە توانای تۆمارکردنی بچووکترین گۆڕانکاریی هەیە، کە تەنانەت شەبەنگپێوەکانیش ناتوانن هەستی پێ بکەن."

فریدریک نیتچە، ئاوابوونی خوداکان، ١٨٨٩

"ئەوان لەوە دەچن پەیامێکی دیاریکراو لە مادەیەکی هەقیقەتەوە بهێنن."

گاستۆن باشلارد

La Formation de l'esprit scientifique, contribution à une psychoanalyse de la connaissance objective, 1938

لە ناو باسکی مەرگهێنی ئانیمۆنە دەریاییەکان کە چەسپیون بە کەڵەکە بەردە مەرجانییەکانی کەنارەکانی ئایلا فیرد لە فیلیپین، جووتێکی بچووکی پرتەقاڵی و سپیی ماسیی ڕووتەوەبوو هەن کە بە

گشتی ناسراون بە ماسیی کلاون (Clownfish) یان زۆر بە تایبەتی ماسیی ئانیمۆن (anemonefish)، یان زۆر تایبەتتر ئامفریۆن ئۆسیلاریس (Amphiprion ocellaris).

یەکێک لە جووتەکە، مێیەکەیان، ژیانێکی زۆر سەرنجڕاکێشتری لە زۆربەی بڕبڕەدارەکان هەبوو، چونکە ئەو هەمیشە مێ نەبووە. هاوشێوەی هەموو ماسییە ئانیمۆنەکان، ئەو وەک نێرێکی بچووکتر ژیانی دەست پێ کرد، کە ملکەچی مێیەکەن لە ناو گرووپی ئەم ئانیمۆنە تایبەتانەدا. ماسیی ئانیمۆن ڕێسایەکی کۆمەڵایەتیی ڕەقیان هەیە، نێرێک دەبێت پێشبڕکێ لەگەڵ مێیەکانی تردا بکات بۆ ئەوەی سەرئەنجام زاڵ ببێت و شانازیی جووتبوونی لەگەڵ مێیە تاقانەکەی پێ ببڕێت. بەڵام کاتێک جووتەکەی لە لایەن مارماسییەکی ڕێبوارەوە بخورێت، هێلکەدانی بۆ ماوەی چەندین ساڵ بە شارەوایی دەمێنێتەوە تا بالغ دەبێت، ئەرکی هێلکەدانەکان دەگۆڕرێت و نێری لادێیی دەگۆڕرێت بە شاژنی مێ، کە ئامادەیە بۆ جووتبوون لەگەڵ نێری سەرکەوتووی دواتر.

ماسییە ئانیمۆنەکان ژینگەی باویان کەڵەکە بەردە مەرجانییەکان لە زەریای هیندەوە بۆ زەریای خۆرئاوا لە ڕووەکەکان و قەوزەکان و پلانکتۆنەکان و ئاژەڵی تری وەک لەش شلەکان و ڕەقە لەشەکان دەخۆن. قەبارەی بچووکیان، ڕەنگە ڕووناکەکەیان و نەبوونی دڕکەپەتک، باڵی تیژ، دڕک و زبری دەیکات بە ڕاوێکی ئاسان بۆ مارماسییەکان، قرشەکان و ڕاوچییەکانی تر کە بە دەوری کەڵەکەکاندا خولەیان دێت. کاتێک مەترسییان لەسەر دروست دەبێت، بەرگریی سەرەکییان بریتییە لەوەی بە خێرایی لە نێوان شاخەکانی ئانیمۆنە خانەخوێیەکەدا جێگیر دەبن و بە هۆی توێیەکی ئەستووری لینج لە ژەهر و پێوەدان دەپارێزرێن. لە بەرامبەردا، ئانیمۆن سوود دەبینێت لە کرێچییە ڕەنگاوڕەنگەکەی کە بۆ لەوەڕ هێرشی بۆ دەهێنن؛ یەک لەوان مێشماسییە.

بەم ڕێکخستنەوە ماسیی ئاینمۆن بۆ ئێمە زۆر ئاشناتر دەبێت لە فیلمی ئەنیمەیشنی دۆزینەی نیمۆ (بە داخەوە ئەو خۆشەویستییە جەماوەرییە ئێستا لە جیهاندا مەترسیی بۆ گیانداران دروست کردووە، ڕاوکردنی بە دزییەوە کە بە شێوەیەکی بەرفراوان بۆ ڕەونەقدان بە بازاڕی ئاکاریوم ماسیی ئانمینۆ ڕاو دەکەن. هەر بۆیە نیمۆ لە ماڵەوە ڕامەگرن؛ ئەوان پەیوەندییان بە جیهانی ڕاستەقینەی کەڵەکەبەردە ڕاستەقینەکانەوە هەیە) تەحەدای بەردەم باوکی نیمۆ، واتە مارلین، بریتی بوو لە دۆزینەوەی کوڕەکەی کە لە ماڵەکەی لە بەربەستە کەڵەکاوییە گەورەکە ڕفێنرابوو و گوازرابووەوە بەرەو سیدنی. بەڵام تەحەداکە کە بەرەوڕووی ماسیی ئانیمۆن دەبێتەوە، دۆزینەوەی ڕێگەکەیەتی بۆ ماڵەوە.

هەر ئانیمۆنێک لەوانەیە کۆلۆنۆیەکی تەواوی ماسییە ئانیمۆنەکە بێت کە هەڵگری نێرەیەک و مێیەیەک لەگەڵ چەندین نێری لاو بێت، کە لەگەڵ یەکتری پێشبڕکێ دەکەن بۆ ئەوەی ڕۆڵی هاوبەشی شاژن بگێڕن. توانایی نائاسایی نێری سەرەکی بۆ گۆڕینی ڕەگەز لە کاتی مردنی ماسیی شاژن، توانایییەکە ناسراوە بە هرمافرودیتیسم پروتاندروس (protandrous hermaphroditism)، لەوانەیە گونجانێک بێت بۆ ژیان لە کەڵەکە مەترسیدارەکەدا، ئەمە هەل دەدات بە کۆلۆنییەکە لە کاتی مردنی تەنها مێی زاوزێکەر، تەنانەت بەبێ بەجێهێشتنی ئانیمۆنی خانەخوێ بمێنێتەوە. بەڵام هەرچەندە کۆلۆنییەکی تەواوی ماسی لەسەر ئانیمۆنێک بۆ چەندین ساڵ بمێنێتەوە، توخمەکانی ئەم ماسییە دەبێت خانە ئارامەکەیان بەجێ بهێڵن. سەرئەنجام ئەوان پێویستیان بە دۆزینەوەی ڕێگەیەکە تا بۆی بگەڕێنەوە.

دەرکەوتنی مانگی تەواو ڕێنماییە بۆ ماسیی کۆراڵ بۆ ئەوەی گەرا دابنێت (هەڵکشان و داکشانی دەریا یارمەتیدەرە بۆ بڵاوبوونەوە) لەگەڵ داچوونی مانگ لەسەر زەریاکە، مێیەی جووتەکە دەست دەکات بە چاندنی هێلکەکە و لە لایەن نێرەی زاڵەوە دەپیتێنرێت. دوای ئەوەی

کـارەکەی تەواو بـوو، پارێزگـاری لە هێلکەکـان و دوورخسـتنەوەی ماسـییە گۆشـتخۆرەکان لە کەڵەکەبەردەکە کـاری ماسـییە ئـانیمۆنە نێـرەکەیە. دوای نـزیکەی ١ هەفـتە چـاودێریی هێلکەکـان، هەڵـدێن و سەدان کرمۆکە دەکەونە بەر تەوژمی ئاوەکە.

کرمۆکەکان تەنها چەند میلیمەترێک درێژن و تا ڕادەیەکی زۆر بە تەواوەتـی شـەفافن. بـۆ مـاوەی ١ هەفـتە بە تەوژمـی دەریـا دەڕۆن و زوپلانکتـۆن دەخـۆن. وەک چـۆن هەر کەسـێک کە لە کەڵەکە بەردە مەرجانییەکان خۆی وەنـاو ئـاو خسـتبێت، دەزانێت، تەوژمـی دەریـا بە زوویی بە تەواوەتی لە خاڵی سەرەتا دوورت دەخـاتەوە. کرمۆکەکانی ماسـیی ئـانیمۆن دەکرێـت چەنـدین کیلـۆمەتر لە هـێلانە مەرجـانییەکە دوور بکەوێـتەوە؛ زۆرترینیـان دەخـورێن، بەڵام هەنـدێکیان ڕزگاریـان دەبێت، دوای نزیکەی ١ هەفتە، ئەم ژمارە کەمە مەلەوانە خۆشبەختانە مەلە دەکەن بەرەو بنـــی زەریـــاکە و لە مـــاوەی چەنـــد ڕۆژدا شێوەگۆڕانیان بەسەر دێت (وەک بۆقەکەمـان لە بەشـی ٣) و دەبن بە ماسیی لاو، کە ڤێرژەنێکی بچووکتری ماسییە باڵغەکەیە. بەرگرییـان لە ئـانیمۆنە ژەهراوییەکـان نیـیە، ماسـییە لاوە ڕووناکەکـان مەترسـیی زۆریـان لە لایەن ڕاوچییەکـانی بنـی دەریـا لەسـەرە. ئەگەر ئەوان ڕزگاریـان ببێـت، دەبێـت زۆر بە خێرایـی کەڵەکەبەردێکـی مەرجـانی بـدۆزنەوە بـۆ ئەوەی ببێـت بە پەنـاگە بۆیـان. وا بیـر دەکـرایەوە کە کرمۆکەکانی ماسیی مەرجانی لەگەڵ تەوژمی زەریادا دەڕوات و تەنها بەختە دەیانبات بۆ نزیک کەڵەکەبەردی گونجاو. بەڵام ئەم لێکدانەوەیە بە تەواوەتـی متمـانەپێکراو نەبـوو، چـونکە زانرابـوو کە زۆرترینـی کرمۆکەکان مەلەوانی بەهێزن و هیچ خاڵێکی ئامانج لە مەلەکردندا نییە ئەگەر تۆ نەزانیت بۆ کوێ دەچیت. کەوابوو لە ساڵی ٢٠٠٦دا گابریەل گـرلاخ (Gabriele Gerlach)، توێژەرێـک لە تـاقیگەی زیندەناسـیی دەریایی لە وۆدس هۆڵ، ماساچوسێت، پەنجەمۆری جینێتێکی ماسی کە لەسەر ئەم کەڵەکەبەردانە دەژین و مەودای دووریی نێوانیان ٣ بـۆ

٢٣ کیلۆمەتر بوو، لە ناو ئەو کۆمەڵە گەورەیەی کە بەربەستە گەورە کەڵەکەبەردەکانی ئوسترالیا دروستی دەکات، دیاریی کرد. ئەو بینیی کە ئەو ماسییانەی کە لە هەمان کەڵەکەبەرددا دەژین، زۆر خزمی یەکترن لە چاو ئەوانەی کە لە کەڵەکەبەردە دوورترەکانن. چونکە هەموو کرمۆکە ماسییە کەڵەکییەکان بۆ مەودای دوور دەچن، ئەمە کاتێک ڕاست دەبێت ئەگەر زۆرترینی گەورەبووەکان بگەڕێنەوە بۆ ئەو کەڵەکەبەردەی کە لێی لە دایک بوون. بە ڕێگەیەک هەر کەڵەکەبەردێک دەبێت بە واژۆیەک نەخشێنرابێت کە ئەو شوێنە دیاری دەکات گەراکەی تێدا دانراوە.

بەڵام چۆن کرمۆکە یان ماسیی ئانیمۆنی لاو کە زۆر لە ماڵەوە دوور کەوتووەتەوە، دەزانێت لە کام ئاڕاستەدا مەلەی کردووە؟ بنی دەریا هیچ نیشانەیەکی بۆ ڕێنمایی تێدا نییە، خاڵی پشتپێبەستنی تێدا نییە و هەموو ئاڕاستەکان لە یەک دەچن: بیابانێکی لمینی ڕازاوە بە وردەبەردی بڵاوەبوو لە هەموو ئاڕاستەیەکدا و گابەرد و هەندێک جاریش پێی جومگەییەک تێدەپەڕێت. ناشێت کەڵەکەبەردە مەرجانییەکان نیشانەی دەنگی دروست بکەن کە چەندین کیلۆمەتر بڕوات. تەوژمی ئاوەکە لە خۆیدا کێشەیەکی ترە، هەم ئاڕاستە و هەم لێشاوەکە بەپێی قووڵایی دەگۆڕڕێت، زۆر قورسە کە دیاری بکرێت کە تەنی ناو ئاو وەستاوە یان دەجووڵێت. هیچ بەڵگەیەک لە بەردەست نییە، کە دەری بخات کە جۆرێک بزۆکەی موگناتیسیی وەک ڕۆبینەکەمان یارمەتیی کۆچی زستانەی بدات. کەوابوو ئەوان چۆن ڕێگەکەیان دەدۆزنەوە؟

ماسییەکان هەڵگری هەستێکی بۆنکردنی توندن. قرشەکان ٢ لەسەر ٣ی مێشکیان تایبەت کردووە بە هەستی بۆنکردن، کە بەناوبانگە و دەتوانن دڵۆپێک خوێن لە چەندین کیلۆمەتر دوورییەوە بۆن بکەن. ئایا لەوانەیە ماسییە بەرداوییەکان بە بۆن ڕێگەی ماڵەوە بدۆزنەوە؟ بۆ هەڵسەنگاندنی ئەم بیردۆزە، لە ساڵی ٢٠٠٧دا گابریەل

گـرلاخ "٢ کەنـاڵی هەڵسـەنگاندنی بـۆنکردنی دیـزاین کـرد" کە لەودا کرمۆکەکانی ماسیی کەڵەکاوی لە تەوژمی ئـاوی ٢ کەنـاڵەکەدا دانـران: یەکێکیان لەو کەڵکەبەردەوە پڕ ئاو دەبوو کە لێی لە دایک بووبـوون و ئەوی تـر لە کەڵەکەبەردێکی دوورتـر. ئەو دواتـر سـەیری کـرد بزانێت کرمۆکەکان کامیان هەڵدبژێرن: ماڵەوە یان دوورکەوتنەوە.

بەردەوام کرمۆکەکـان ئەو کەناڵەیـان هەڵـدەبژارد کە بەو ئـاوە پـڕ دەبوو کە لەو کەڵەکەبەردەوە دەهات، کە هێلکەی تێدا دانرابـوو، ئەوان دەکرا بە ڕوونی جیاوازی بکەن لە نێوان ئـاوی کەڵەکەبەردی ئاشـنا و بێگـانە، کە لەوانەیە ئەم کـارە بە ڕێگەی بـۆنە جیاوازەکەیـان بووبێت. میشـیل ئارڤیدلونـد (Michael Arvedlund) توێژەرێـک لە زانکـۆی جمـــز کـــۆک (James Cook University) لە کوینلانـــدی (Queensland) ئوسترالیا تاقیکردنەوەیەکی هاوشێوەی دیزاین کرد، بـۆ شـرۆڤەی ئەوەی کە ماسـیی ئـانیمۆن دەکرێـت بە بـۆن جیـاوازی بکـات لە نێـوان جۆرەکـانی ئـانیمۆنی خـانەخوێ و ئەوانەی تـر کە لە کۆلۆنییەکەی ئەودا نین. تەنانەت زۆر سەرنجڕاکێشـتر دانیلا دیکسـۆن (Daniela Dixon) لە زانکـۆی جیمـز کـۆک دۆزیـیەوە کە ماسـیی ئـــانیمۆن دەکرێـــت جیـــاوازی بکـــات لە نێـــوان ئـــاوی کووەبـــوو لە کەڵەکەبەردە ژینگەیـــیەکەی خـــۆی و ڕووەکەکـــانی دوورگەکەی لە ژێریدا دەڕوات و ئەو ئاوەی کە دوورە لە کەڵەکەبەردەکە.

بە ڕاســـتی وا دەردەکەوێـــت کە نیمـــۆ و ماســـییەکانی تـــری کەڵەکەبەردەکان بە بۆنکردن ڕێگەی ماڵەوە دەدۆزنەوە.

توانایی ئاژەڵەکان بۆ دۆزینەوەی ئاڕاستە بە ڕێگەی بۆنکردن تـا ڕادەیەک بەناوبانگە. هەموو سـاڵێک بە درێژی کەنارەکانی زەریاکـانی جیهـان، چەنـدین میلیـۆن سـەلەمۆن لە پـۆلی گەورەدا لە کۆتـایی ڕووبارەکاندا خڕ دەبنەوە، پێش ئەوەی جەنگی خۆیـان لەگەڵ تەوژمـی ئاو، خوراو و تاڤگەکاندا دەست پێ بکەن بۆ ئەوەی بگەن بە شـوێنی هێلکەدانان. هەروەک ماسیی ئانیمۆن وا بیر دەکرایەوە کە هەڵبژاردنـی

ڕووبـــاری گونجـــاو لە لایەن ماســـیی ســـەلەمۆنەوە بە تەواوەتـــی بەختەکیـــیە. بەڵام لە ســـاڵی ١٩٣٩دا ویلبێـــرت کلیمنســـی کەنەدی، ٤٦٩٣٢٦ ماسـیی لاوی نیشـانەکراوی لە لقێکـی تـایبەتی سیسـتەمی ڕووباری فراسەر ڕاو، گرت. چەند ساڵ دواتر، ئەو ١٠٩٥٨ لەوانەی کە نیشانەی کردبوون، گەڕابوونەوە بۆ هەمان لق، هیچ سەلەمۆنێکی نیشانەکراوی تر لە هیچ کام لە لقەکانی ڕووبارەکە نەگیرران. ئەوان چۆن ڕێگەی خۆیان لە زەریاوە بەرەو ئەو شوێنە دۆزییەوە بۆ چەندین ساڵ نهێنی بوو. دوایی پرۆفیسۆر ئارسور هاسلەر (Arthur Hasler) لە زانکۆی ویسکۆنستین مادیسۆن پێشنیازی کرد، کە دەبێت سەلەمۆنە لاوەکان بە دوای بۆنێک بکەون و تیۆرییەکەی لە ساڵی ١٩٥٤دا بە گرتنی چەند سەد ماسیی گەڕاوە لە سەرەوەی ڕووبارێکی دوولق (شوێنی بەیەکگەیشتنی ٢ ڕووبار) لە ڕووباری ئیساکوا لە نزیکی سیاتیل و لە دواییدا بە گواستنەوەی ئەوان بۆ خوارەوەی ڕووبارەکە لە ژێر ٢ فلیقانەکە تاقی کردەوە. سەلەمۆنەکان بە بەردەوامی دەگەڕانەوە بۆ هەمان لقی ٢ فلیقانەکە کە ئەوان لێی گیرابوون. بەڵام کاتێک ئەو پێش بەردان لووتیانی بە پەشم و کەتان گرت، بینیی ئەوان بەرەو شوێنی گەیشتنی ٢ لقەکە مەلە دەکەن، بەڵام ناتوانن بڕیار بدەن بە لای ڕاستدا بڕۆن یان چەپ.

هەسـتی بـۆنکردن لەسـەر زەوی تەنـانەت لەوانەیە لەوەش زۆر گرنگتـر بێـت، چـونکە قەبـارەی بەرگەهەوا، کە لەودا بـۆن دروسـت دەبێـت و بـڵاو دەبێـتەوە، زۆر بەربڵاوتـرە لە هیـی نـاو زەریاکـان. بەرگەهەوا بە پلەیەکی بەرزتر گەردەلوول و کەشوهەوای تێدایە، هەر بۆیە مۆلکیوڵەکانی بۆن زۆر خێراتر لە هەوا لەچاو ئاو بڵاو دەبنەوە. هێشـتا هەسـتی بـۆنکردن ئـامرازێکی حەیـاتییە بـۆ ڕزگـاربوونی زۆرترینی گیاندارانی وشکایی، نە تەنها ڕێگەی پێ دەدۆزنەوە، ڕاوی پـێ دەگـرن، لە دەسـت ڕاوچـی ڕادەکەن، جـووتی پـێ دەدۆزنەوە، نیشـانەکانی مەترسـیی پـێ ئامـادە دەکەن، ناوچەکەیـانی پـێ نیشـان

دەکەن، گۆڕانکـــاریی فیزیۆلـــۆجی پیشـــان دەدەن و پەیوەنـــدیی پـــێ دروســـت دەکەن. ئەم دیـــمەنە لە بـــۆنکردن تـــا ڕادەیەک بـــۆ مـــرۆڤ ناسراوە، کە زۆر جار هەستی بۆنکردنی ئاژەڵە ڕامکراوەکانی خۆی بـۆ هەسـتکردن بەم نیشـانە و سـیگنالآنە بە کـار دەهێنێت. هەڵـبەت سەگەکان ناسـراون بەوەی بە هـۆی بۆنکردن و کنجکۆڵییـان بۆ بۆن، کە ڕووکەشـەپەردەی بۆنکردنیـان (دواتـر دێیـنەوە سـەری) ٤٠ جـار قەبارەکەی لە هیی ئێمە گەورەترە و بە دروستی بەناوبانگن بە هۆی تواناییەکەیـان لە دۆزینەوەی بـۆنی کەسـێکی تـایبەت. هەموومـان ئەو فیلمانەمـان بینیوە کە سـەگێکی بـۆنکەری بولدهونـد (bloodhound)، تەنهـا پێویسـتی بە بـۆنکردنی پـارچەیەک لە کراسـی تاوانبـارێکی هەڵهـاتوو هەیە بـۆ ئەوەی بە دوای بکەوێـت و لە نـاو چـیمەن، زار، دارسـتان یـان ڕووبـار بیـدۆزێتەوە. هەرچەنـدە چیرۆکەکـان لەوانەیە خەیـاڵی بـن، بەڵام تواناییەکـانی هونـد بە تەواوەتـی ڕاسـتەقینەیە. سـەگێک کە تەنهـا چەنـد ڕۆژێـک تەمەنیەتـی، دەکرێـت ڕێچـکەیەک بدۆزێتەوە کە کەسێک یان گیانداریک پێیدا ڕۆیشتووە.

توانـای سەرسـووڕهێنەری هەسـتی بـۆنکردنی گیانـداران دەکرێـت زۆر سەرسوڕهێنەر بێت ئەگەر ئێمە بمانەوێت ئەوە ئەنجام بدەین کە سەگێکی بۆنکەر یان ماسییەکی ئانیمۆن بە شـێوەی ئاسـایی ئەنجـامی دەدات. سەرەتا سەگی بۆنکەر لەبەرچـاو بگرە؛ هەستی بۆنکردنەکەی دەکرێـت هەسـت بە بـڕە زۆر وردەی کیمیـاییە ئەنـدامییەکانی وەک ترشـی پوتریـک بکـات کە بە هـۆی مـرۆڤ یـان گیانـدارانی تـرەوە دەڕژێت؛ هەسـتیاریی لـووتی لە سـەروو ئاسـاییەوەیە. ئەگەر ١ گـرام ترشـی بوتریـک لە نـاو ژوورێکـدا بکرێـت بە هەڵـم، ئـێمەی مـرۆڤ ئەوکات توانای ئەوەمـان دەبێت هەست بە بۆنە ترش و شـیرینەکەی بکەیـن. بەڵام سـەگێک ئەو توانـاییەی هەیە هەست بە هەمـان ١ گـرام هەڵـم بکـات ئەگەر بە شـارێک تـا بەرزیـی ١٠٠ مەتـر بـڵاو بـووبێتەوە. جـارێکی تـر ماسـی ئـانیمۆن یـان سـەلەمۆنەکە لەبەرچـاو بگـرە، ئەوان

دەتوانن بۆنی خانووە دوورەکەیان چەندین کیلۆمەتر دوورتر لە پانتایی زەریادا بدۆزنەوە. بەڵام هەستی بۆنکردنی ئاژەڵان تەنها بە هۆی هەستیارییەکەیان گرنگ نییە. سەگەکان بە شێوەی ئاسایی لە لایەن پۆلیسە تایبەتەکانەوە بە کار دەهێنرێن بۆ هەستکردنی بە مەودایەکی زۆر لە بۆن، لە مادەی سڕکەری ماریجوانا و کۆکاینەوە تا مادەی کیمیایی تەقینەوەی C4، کە زۆر جار بە شێوەیەکی زۆر قورس و قایم دەپێچرێتەوە. ئەوان تەنانەت جیاوازی دەکەن لە نێوان تاکەکان، تەنانەت دوانە چونیەکەکان. باشە ئەمانە چۆن ئەوە دەکەن؟ ئایا دڵنیاین ترشی بوتریک کە بە هۆی هەر کام لە ئێمە بڵاو دەبێتەوە، لەگەڵ یەکتری یەکسانن؟ بێگومان بەڵێ، بەڵام هاوشان لەگەڵ ترشی بوتریک، هەر کام لە ئێمە کۆکتێلێکی ئاڵۆز و ورد لە سەدان مۆلکیوڵی ئەندامی دەردەکەین کە وەک واژۆ وایە بۆ بوونی هەر کام لە ئێمە. سەگەکان دەکرێت بۆنی تایبەت بە ئێمە بە ئاسانیی ئەوەی کە ئێمە ڕەنگی کراسی کەسێک دەبینین، ببینن. ماسی ئانیمۆن یان سەلەمۆن دەبێت هاوشێوەی ئەوەی ئێمە جادەکان یان خاڵە ڕەنگاوڕەنگەکەی دەرگاکەمان دەناسینەوە، بۆنی ڕێگەیماڵەوەیان بناسنەوە.

بەڵام سەگ یان سەلەمۆن یاخود ئانیمۆن، بەرزترینی گیانداران لە بۆنکردندا نین. هەستی بۆنکردنی ورچێک ٧ جار بەهێزترە تەنانەت لە هیی سەگە بۆنکەرەکان؛ ئەو دەتوانێت لە ٢٠ کیلۆمەترەوە بۆن بکات. مۆس (شەوپەڕە جۆرێک پەپوولە) دەکرێت نێرەکەی لە مەودای ١٠ کیلۆمەترەوە بدۆزێتەوە. مشکەکان بە شێوەی سێڕەهەندی بۆن دەکەن و مارەکان هەستی بۆنکردنیان لە زمانیاندایە. هەموو ئەم توانایییەی بۆنکردنە بۆ گیانداران حەیاتییە تا بگەڕێن بە دوای خۆراک، دۆزینەوەی جووت یان ڕاکردن لە ڕاوچیدا؛ ئەوان هەستێکیان هەڵگرتووە، کە بە وردی پیشانیان دەدا کە سەرچاوەی خۆراک یان مەترسی چەندێک نزیکە، چی لە هەوا یان ئاودا بێت. هەستی بۆنکردن بۆ ڕزگاربوونی گیانداران زۆر گرنگە، کە وەڵامدانەوەی ڕەفتاری بە

بۆن لە ژمارەیەک لە جۆرەکاندا وا دەردەکەوێت بە توندی گرنگیی پێ دەدرێت. تاقیکردنەوەکان لەسەر مشکە کێوییەکانی دوورگەی ئۆرکنی پیشـــان دەدەن کە ئەوان لەو تەلانە خۆیـــان دەپـــارێزن کە خـــۆراکی بەبـۆنی ڕاوچییەک بە نـاوی ستواتی (کە جۆرێـک ڕسـقە) تێدایە، بە سەرنجدان بەوەی ٥٠٠٠ ساڵە ستوات لەو دوورگەیەدا نییە.

.مرۆڤ لەچاو خزمەکانیدا، خـاوەنی هەسـتی بۆنکردنی زۆر لاوازە. کاتێـک چەنـد ملیـۆن سـاڵ لەوەوپـێش، هۆمـۆ ئیرکتـوس (Homo erectus) بەشـی سـەرەوەی لەشـی خـۆی لە نـاو دارسـتانەکاندا بەرز کردەوە و ڕاست بە ڕێدا ڕۆیشت، لووتیشی لەسەر زەویی پڕ لە بۆن و بەرامە بەرز کـردەوە. لە دوای ئەوە دیـد و دەنـگ، هەردووکیـان چوونە ئاسـتێکی بەرزتـر وەک سـەرچاوە سـەرەکییەکانی وەرگرتنـی زانیـاری. هەر بـۆیە لمـۆزی مـرۆڤ کـورتتر بـووەوە، کـونە لـووتی تەسـکتر و بازدانەکان لە ناو زۆرترین هەزاران یان جینەکانی شـیردەرەکانی بـاوان خـڕ بـووەوە کە وەرگرەکـانی بـۆنی بە کـۆد دەکـرد (زیـاتر لەمەش لە دواتـردا). ئـێمە بە داخەوە لەوانەشـە هەسـتێکی بـۆنکردنی لاوەکیمـان لە دەسـت دابێـت کە لە لایەن ئەنـدامی ڤۆمیرۆناسـال (vomeronasal organ (VNO)) یـان ئەندامی جاکۆبسۆن (Jacobson's organ) کە ڕۆڵی لە ڕاکێشانی سێکسیدا هەیە.

هێشتا سەرەڕای کەموکورتییە جینێتیکییەکەمان تەنها نزیکەی ٣٠٠ جینـــی وەرگـــری بۆنکردنمـــان هەیە و ئانـــاتۆمیی گۆڕاومـــان بە سەرسـووڕمانەوە هەڵگری هەسـتی بۆنکردنێکی باشـە. ئـێمە توانـایی بـۆنکردنی جووتێـک یـان نـانی نیوەڕۆمـان لە چەنـدین کیلـۆمەتر دوورترەوە نییە، بەڵام دەتوانین جیاوازی بکەین لە نێوان بە نزیکەیی ١٠،٠٠٠ بـۆنی جیـاواز وەک نیـتچە ئامـاژەی پـێ کـرد، لە دەرەوەی توانـایی هەستپێکردنی هەستەوەری شـەبەنگێوی بـۆنی کیمیاییەکـانە. تواناییەکەمان بۆ هەستکردن بە بۆن سـەرچاوەی ئیلهامی مەزنترین شـیعرەکانە ("گـوڵێکی ڕۆز بە هەر نـاوێکی تـرەوە خـاوەنی بـۆنێکی

خۆشە") و ڕۆڵێکی زۆر گرنگ دەگێڕێت لە هەست بە باشتربوونمان و ئاسوودەییمان.

بە سەرسووڕمانەوە هەستی بۆنکردنمان ڕۆڵێکی چالاکی لە مێژووی مرۆڤایەتیدا گێڕاوە. یەکەمین نووسراوە تۆمارکراوەکان ڕێزگرتنە لە بۆنی چێژبەخش و ڕقلێبوونەوەیە لە بۆنی ناخۆش. شوێنی نوێژ و ستایش و بیرکردنەوە جار بە جار پڕ دەکرا بە بۆنی عەتر و گوڵەمێخەک. لە تەوراتدا خودا فەرمان بە مووسا دەکات شوێنێک بۆ پەرستنی خودا دروست بکات و پێی دەڵێت کە جۆرە بۆنخۆشەکانی گوڵ و گیا پێکەوە کۆ بکاتەوە و هەموویان دەبێت یەک کێشیان هەبێت. ئەمانە پێکەوە خڕ ببنەوە بۆنێکی خۆشیان دەبێت؛ پەتی و پیرۆز (Exodus 30: 34–5.). میسرییە کۆنەکان تەنانەت خوادی بۆنخۆشییان هەبوو، نەفرتوم کە لە هەمان کاتدا خودایەکی شیفابەخش بوو، جۆرێک مەساجکەری ئەفسانەیی بوو.

هاوکاریکردنی بۆنی خۆش لە تەندروستیدا و بە پێچەوانەشەوە تێکچوون و نەخۆشی بە هۆی بۆنی ناخۆشەوە، زۆر کەسی هێناوەتە سەر ئەوەی ئاڕاستەی بۆن بەرەو تەندروستی یان نەخۆشییە نەک پێچەوانەکەی. بۆ نموونە پزیشکی گەورەی ڕۆمانی گالین، بڕوای وابوو لیفە و بەتانیی بۆنناخۆش دەکرێت پیسبوونی شلەکانی ناو لەش خێراتر بکات. بۆنی شلە بێزارکەرەکانی کە لە زێراب،ماڵی مردوان، بیری ئاوەدەست و گەنداوەکانەوە دێت، دەکرێت سەرچاوەی زۆر نەخۆشیی کوشندە بێت. بە پێچەوانەشەوە، لە سەدەکانی ناوەڕاستدا وا دادەنرا بۆنە خۆشەکان لە نەخۆشی دوورت دەخاتەوە، پزیشکەکان جەختیان دەکردەوە کە پێش چوونە ناو هەر خانوویەکی تاعوون لێدراو، دەبێت ئاگری بۆنخۆشت بە سووتاندنی جۆرەکانی ڕووەکی بۆنخۆش پێ بێت. لە ڕاستیدا جەختکردنەوە لەسەر بڵاوکردنەوەی بۆن، پێشاندەری پاککردنەوەی شوێنەکەیە تا چارەسەری کەسەکان.

هەڵبەت گرنگیی هەستی بۆنکردن لەوەدا نییە کە سنووردار بێت بە هەستپێکردن بە ڕێگەی هەڵمژین لە ڕێگەی لووتەوە. بە شێوەی بەرچاو هەستی تامکردن بە گشتی ٩٠ لە ١٠٠ بە ڕێگەی بۆنکردنەوەیە. کاتێک ئێمە خۆراک تام دەکەین، وەرگرەکانی هەڵسەنگاندنی سەر زمان و مەلاشوومان هەست بە مادە کیمیاییەکانی شیوەبوو لە ناو ئاوی دەم دەکات، بەلام ئەم وەرگرانە تەنها ٥ جۆرن، کە توانای هەستپێکردنی تەنها ٥ تامیان هەیە- شیرین، ترش و سوێر و تاڵ و ئومامی (umami) (وشەیەکی ژاپۆنی بە واتای تامی مزر). بەلام بۆنە بەرزبووەکان لە هەڵمی خواردن و خواردنەوە کە دەچێتە ناو کاڤیتی لووت، لە پشتی قورگەوە پێکهاتەیەک لە سەدان جۆر وەرگری بۆن چالاک دەکات. ئەمە توانایی زیاترمان لەچاو تامکردن دەداتێ بۆ ئەوەی جیاوازی بکەین لە نێوان هەزاران بۆن و چێژ ببینین لە تامە دەوڵەمەندەکانی (بە زۆری بۆن) شەرابی باش، خۆراکی خۆشبۆن، بەهارات و دەرمان و کۆفی. تەنانەت بە هۆی ئەوەی ئێمە لەچاو شیردەرەکانی تر هەستی بۆنکردنی سێکسیمان لە دەست چووە، کارگە گەورەکانی دروستکردنی بۆن ئەوەمان بۆ قەرەبوو دەکەنەوە. فرۆید تەنانەت پەیوەندییەکی لە نێوان لاوازیی سێکسی و دابەزینی هەستی بۆنکردنی دۆزییەوە، بەلام لەگەڵ ئەوەشدا گوتی: "تەنانەت لە ئەورووپا (دەربڕینێکی ڕەگەزپەرستانە) ئەو خەڵکانە هەن کە زۆر حەزیان لە بۆنی کۆئەندامی زاوزێیە."[٢٧]

کەوابوو چۆن مرۆڤ، سەگ، ورچ، مار، شەوپەڕە، مشک، ماسیی ئانیمۆن ئەم پەیامانە "لە هەقیقەتێکی مادییەوە" تێدەگەن؟ ئێمە چۆن جیاوازی لە نێوان ئەم ژمارە زۆرەی بۆن دەکەین؟

---

[27] Quoted in A. Le Guerer, Scent: The Mysterious and Essential Power of Smell (New York: Kodadsha America Inc., 1994), p. 12.

هەقیقەتی فیزیایی بۆن

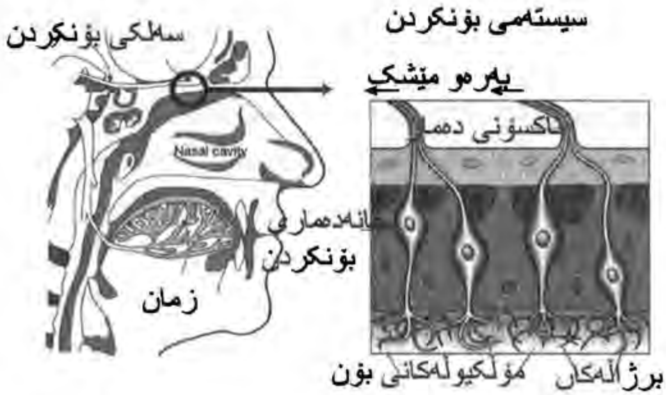
ناهاوشێوە لەگەڵ هەستەکانی بینین و بیستن، کە زانیاری بە شێوەی ناڕاستەوخۆ بە ڕێگەی شەپۆلەکانی کارۆموگناتیسی یان دەنگ کە لە تەنێکەوە بەرەو ئێمە دێت، وەردەگرن، هەردووی تام و بۆن بە ڕێگەی بەرکەوتنی ڕاستەوخۆ زانیاری لە تەنە هەستپێکراوەکەوە (مۆڵکیوڵێک) وەردەگرن و پەیامی بە ڕێگەی هەقیقەتی مادی پێ دەگات. وا دیارە هەردووکیان لە پرەنسیپدا بە یەک شێوە کار دەکەن. مۆڵکیوڵەکان کە ئەوان هەستی پێ دەکەن، لە ناو ئاوی دەم حەل دەبێت یان بە ڕێگەی هەوا قووت دەدرێت بە هۆی هەستەوەرەکانی سەر زمان (تام) یان پەردەی بۆنکردن لەسەر بنمیچی کەڤیتی لووتدا (بۆنکردن) هەستی پێ دەکرێت. ئەمە پێویستی بە بەهەڵمبوونە کە زۆرترینی بۆنەکان مۆڵکیوڵی تا ڕادەیەک بچووکن.

لووت لە خۆیدا ڕۆڵی ڕاستەوخۆی لە بۆنکردندا نییە، بەڵکو کەناڵێکی هەوایە بەرەو پەردەی بۆنکردن، کە لە پشتی لووتدایە (وێنەی ٥:١). ئەم شانەیە بە تەواوەتی بچووکە، قەبارەکەی لە مرۆڤدا تەنها ٣ سانتیمەتر دووجایە (بە ڕادەی گەورەیی پوولێکی پۆستە)، بەڵام بە هەردووی ئاوی لووت و چەندین ملیۆن هەستەدەماری بۆن دەورە دراوە. جۆرێک دەمارەخانە هەن کە هەست بە بۆن دەکەن، وەک چۆن شووڵ و قوچەکەکانی ناو تۆڕی چاو هەستیارن بۆ بینین. کۆتایی پێشەوەی هەستەدەمارەکانی بۆنکردن تۆزێک وەک گسک وایە، بە ژمارەیەکی زۆر سەری نووک تیژەوە کە پەردە خانەکان بە وێنەی تاڵی قژ لوول دەبێت. ئەم سەرە گسکە زبراوییە لە توێیە خانەییەکە هاتووەتە دەرەوە کە دەکرێت مۆڵکیوڵە بۆنە تێپەڕیوەکان وەربگرێت. دواوەی کۆتایی خانەکان تا ڕادەیەک هاوشێوەی دەسکی گسکە، خانەکانی ئاکسۆن پێک دەهێنن یان ئەو دەمارانەی کە بە ناو ئێسکێکی بچووکدا لە پشتی کاڤیتی لووت دەکشێن بۆ ئەوەی بچنە

ناو مێشکەوە، کە دەبەسترێتەوە بە شوێنێکەوە کە پێی دەگوترێت سەلکی بۆن.

پاشماوەی ئەم بەشە لە کتێبەکە لەوانەیە باشتر بێت لە کاتی خوێندنەوەیدا پرتەقاڵێک لە بەردەمت دابنێیت و درێژەی پێ بدەیت، لەوانەیە بکرێت بە ٢ پارچەوە بۆ ئەوەی بۆنی خۆش و مزر بەربێت و بە ناو لووتدا گەشت بکات بەرەو پەردەی بۆنکردن. لەوانەیە تۆ پارچەیەک لەم پرتەقاڵە بخەیتە ناو دەمت بۆ ئەوەی بۆنەکە لە ناو دەمەوە ڕێگەی خۆی بەرەو هەمان شانە بدۆزێتەوە. وەک هەموو بۆنێکی سروشتی، بۆنی پرتەقاڵ زۆر ئاڵۆزە دروست بووە لە سەدان پێکهاتەی بۆن، بەڵام یەکێک لە بۆنە زۆر زاڵەکانی ناوی لیمۆنینە (1-methyl-4-(1-methylethenyl)-cyclohexene) کە ئێمە ئێستا لە مۆڵکیوڵەوە بۆ بۆن بە دوای دەکەوین.

لیمۆنین وەک لە ناوەکەیەوە دیارە، بە فراوانی لە میوەی وەک پرتەقاڵ و لیمۆدا هەیە و بە بەرفراوانی بەرپرسە لە تام و بۆنە مزرەکەی. بە شێوەی کیمیایی، ئەندامی ئەو پۆلە لە ئاوێتەکانە کە ناسراون بە تیرپینەکان (terpenes)، کە پێکهێنەری بۆنداری ڕۆنە بنچینەییەکانی ژمارەیەکی زۆر لە ڕووەک و گوڵەکانەوە و بۆنی دەوڵەمەندی سنەوبەر، ڕۆزەکان، تری و ڕازەک. ئەگەر حەزت لێ بێت، ئازادیت کە پرتەقاڵەکە بگۆڕیتەوە بە گلاسێک بیرە یان شەراب. ئەم مادە کیمیاییە لە زۆربەی بەشەکانی تەڕەکاڵەکاندا دروست دەبێت، بە گەڵاکەشیەوە، لە توێکڵی میوەکەیدا بە بەرفراونی هەیە و دەکرێت بۆ بەدەستهێنانی لیمۆنی پەتی بگوشرێت.



وێنەی ٥:١
ئاناتۆمیی بۆن

لیمۆن شلەیەکی زوو بەهەڵمبووە کە بەرە بەرە لە پلەی گەرمیی ژووردا دەبێت بە هەڵم، هەر بۆیە پرتەقاڵەکەی تۆ بە ملیۆنەها مۆلکیولی لیمۆن بە هەوای دەوربەردا بڵاو دەکاتەوە. زۆرترینی ئەم بۆنە لە دەرگا و پەنجەرەی ژوورەکەتەوە دەچێتە دەرەوە، بەڵام ژمارەیەکی کەمی لەگەڵ جووڵەی هەوادا دێتە ناو لووتت. هەڵمژینەکانی دواتر چەندین لیتر هەوای پڕ لە بۆنە کە لە لووتەوە تێپەڕ دەبێت و دەکەوێت لە پەردەی بۆنکردن، کە بە نزیکەیی ١٠ ملیۆن هەستەدەماری بۆنکردنی لەسەرە.

کاتێک، مۆلکیولە بەجووڵەکانی لیمۆن دەکەون لە مژۆڵەکانی پەردەی بۆنکردن، هەندێک لەوان دەکەون لە هەستەدەمارەکانی بۆنکردن. گرتنی ١ مۆلکیولی لیمۆنی تەنها بەسە بۆ ئەوەی کەناڵێکی تەنک لە پەردەی خانە دەمارییەکەدا بکرێتەوە کە ڕێگە دەدات لێشاوێک لە ئایۆنی کالسیۆمی بارگاویی پۆزەتیڤ لە دەرەوە بچنە ناو خانەکەوە. کاتێک نزیکەی ٣٥ مۆلکیولی لیمۆن هەڵبمژێررێت، لێشاوە

ئایۆنەکان تەزوویەکی کارەبایی بچووک بە نزیکەیی ١ پیکۆئامپێر (پیکۆئامێر یەکسانە بە ١ لەسەر تریلیۆنمی ئامپێر 10^{-12}) دروست دەکات. ئەم ئاستە لە تەزوو وەک سویچێک بۆ ناردنی سیگناڵی کارەبایی بە ڕێگەی ئاکسۆن کار دەکات، کە پێی دەگوترێت پۆتەنشیەڵی کردار (لەبارەی ئەمەوە زیاتر لە بەشی ٨دا فێر دەبین) و خانە شێوە ریشاڵەکان دەخاتە کار. ئەم نیشانەیە لە کۆتاییدا دەڕوات بەرەو سەلکی بۆن لە ناو مێشک. دوای پرۆسەی دەماریی ئەزموونی "پەیام لە لایەن هەقیقەتێکی مادییەوە" وەک بۆنی توندی پرتەقاڵ دەکەیت. ڕووداوی سەرەکیی هەموو ئەم پرۆسەیە بریتییە لە گرتنی مۆلکیولەکەی بۆن لە لایەن هەستەدەماری بۆنەوە. بۆیە دەکرێت بپرسین ئەمە چۆن کار دەکات؟ بە بەراورد بە بینین و هەستی بینینی ڕووناکی و خانەکانی شووڵی و قووچەکی (هەروەها جۆرەکانی هەستەدەمار)، چاوەڕوانکراو بوو کە هەستی بۆنکردن بە هاوشێوەیی بە هۆی هەندێک جۆری ڕووبەری وەرگرەکانی بۆنی جێگیرەوە بێت. بەڵام لە سالانی ١٩٧٠دا، سروشت و پێناسەی وەرگرەکانی بۆن بە تەواوەتی نەناسراو بوو.

ڕیچارد ئاکسل (Richard Axel) لە برۆکلینی نیویۆرک لە ساڵی ١٩٤٨دا لە دایک بوو، یەکەمین منداڵی دایکوباوکێک بوو کە لە پۆڵۆنیا پێش هێرشی نازییەکان ڕای کردبوو. سەردەمی منداڵییەکەی ئاسایی بوو: کارەکانی باوکی جێبەجێ دەکرد، لە نێوان یاریی ستەکبۆڵ (جۆرێک یاریی بەیسبۆڵی سەرشەقام بە بەکارهێنانی سەری مەنهۆڵ وەک بەیس و گسک وەک دەسک) یان بەسکێتبۆڵ لە سەرجادە ناسەرەکییەکان و باخچەکانی گەڕەک، درووومانی دەکرد. یەکەم کاری لە تەمەنی ١١ ساڵیدا، دانی دەستکردی بۆ ددانپزیشکەکان دەبرد، لە ١٢ ساڵیدا کاری فەرشی دەکرد و لە ١٣ ساڵیدا گۆشتی گا و گوێرەکەی سوێرکراوی بۆ سوپەرمارکێتێکی لۆکاڵی ئامادە دەکرد. بەڕێوەبەرەکەی کەسێکی ڕووسی بوو کە لە کاتی برینی

سـەرەکەللەرمدا شـیعری شەکسـپیری لە بەر دەخوێنـدەوە، کە ئەمە ڕێچـاردی لاوی بەرەو چێژبـردن لە کولتـووری جیهـانی لە دەرەوەی خۆراکفرۆشی و بەسکێتبۆڵ برد و حەزێکی قووڵ و هەمیشـەیی بۆ خۆشەویستی و ئەدەبیات تێدا دروست کرد.

وەک خوێندکارێکی لاو، ئاکسیل لە سالآنی ١٩٦٠دا خۆی فڕێدایە نـاو گێژاوە فیکرییەکانی ژیـانی زانکۆوە. بەڵام بـۆ دابینکردنـی بژێـویی ژیـانی کـارێکی وەک قاپشـۆر لە تـاقیگەی جینێتیکـی مۆلکیـولی وەرگـرت. ئەو بە دەرکەوتنی ئەم زانستە سەرسام بووبوو، کارەکەی وەک شووشەشۆری تـاقیگە نائومێدکەر بـوو، هەر بـۆیە لەو کـارە لا بـرا و جـارێکی تـر وەک یاریـدەدەری تـوێژینەوە دامەزرایەوە. سـەرگەردان لە نێـوان ئەدەبیـات و زانستدا، سەرئەنجام بڕیاری دا ناوی خۆی لە کۆرسێکی خوێندنی باڵای جینێتیـک بنووسـێت، بەڵام بۆ ئەوەی لە چـوون بۆ جەنگی ڤێتنـام خـۆی بـدزێتەوە، لە دوایـیدا گـۆڕیی بـۆ خوێنـدنی پزیشـکی. وەک دیـارە ئەو لە پزیشکییشـدا بـارودۆخی باشـتر نەبوو لە شووشەشـتن؛ نەیتـوانی لێدانی دڵ ببیسـتێت و هەرگیـز تـۆڕی چـاوی نەدی. جارێـک چـاویلکەکەی بەربـووەوە بـۆ نـاو ورگێـک کە لەژێـر نەشـتەرگەریدا بـوو و تەنـانەت نەشـیتوانی برینـی پەنـجەی نەخۆشـێک بـدوورێتەوە. سـەرئەنجام ئەو هەلەی پـێ درا خوێنـدنەکەی تەواو بکـات، بە مەرجێـک هەرگیـز لەسـەر نەخۆشی زیندوو کاری چارەسەری نەکات. ئەو گەڕایەوە بۆ کۆلۆمبیا بـۆ خوێنـدنی پاسـۆلۆجی. بەڵام ١ سـاڵ دواتـر سـەرۆکی بەشـەکە جەختـی کردووە هەرگیز نابێت لەسەر مردووش کار بکات.

وا تێگەیشـت کە پزیشـکی لەودیـو زیرەکیـی ئەوەویە. ئاکسـیل سـەرئەنجام هەوڵـی دا بگەڕێتەوە بۆ تـوێژینەوە لە زانکـۆی کۆلۆمبیـا. دوای ئەوە پێشکەوتنێکی خێرا و تەنانەت داهێنـانی لە تەکنیکێکـی نـوێ بۆ وەرگرتنی DNA لە ناو خانەکانی شـیردەرەکان داهێنـا، کە بـوو بە کۆڵەکە بۆ شۆڕشی ئەنـدازیاریی جینێتیکـی لە سـالآنی دوایـی سـەدەی ٢٠ و زانکـۆی کۆلۆمبیـا سـەدان ملیـۆن دۆلار داهـاتی بە هـۆی مـافی

خاوەنـــدارێتییەوە دەســـت کەوت: گەڕانەوەی دەســـت و دڵبـــازانەی زەماڵەکانی خوێندنیان.

لە ســاڵانی ١٩٨٠دا ئاکســیل سەرســام بــوو بەوەی کە زیندەناسـیی مۆلکیولی دەکرێت یارمەتیدەر بێت بۆ کردنەوەی نهێنیی نهێنییەکان: مێشکی مرۆڤ چۆن کار دەکات. ئەو لێکۆڵینەوەکانی لە ڕەفتاری جینەکانەوە گۆڕی بـۆ لێکـۆڵینەوە لەســەر جینەکـانی ڕەفتـار، بەم ناونیشـانە دووروودرێـژەوە: "پشـکنینی ئەوەی چـۆن ناوەنـدە بەرزەکـانی مێشـک تێگەیشـتن دروسـت دەکات، تۆ بڵێ لە بۆنی گوڵی وەنەوشە، کۆفی یان گەنداو..."[٢٨]

یەکەم هەڵمەتـی بەرەو زانسـتی دەمـار بریتـی بـوو لە لێکـۆڵینەوە لەسـەر ڕەفتـاری هێلکەدانـانی شـەیاتنۆکەی دەریـایی. هەر لەم کـاتەدا بوو تـوێژەرێکی زۆر زیرەک بە نـاوی لینـدا بـوک (Linda Buck)، لە تـاقیگەدا بـوو بە هاوکـاری. ئەو وەک بەرگرینـاس (immunologist) لە زانکـۆی دالاس، پـێش ئەوەی سەرسـام بێـت بە دەرکەوتنـی بـواری دەمارناسیی مۆلکیولی، کاری کردبوو، ئەو چوو بۆ تـاقیگەکەی ئاکسـل تـا تـوێژینەوەکەی بەرەو پێشـــەوە ببــات. پــێکەوە ئاکســل و بــوک زنجیـرەیەک تـاقیکردنەوەی زیرەکانەیـان داهێنـا بـۆ پشـکنینی بنچینـە مۆلکیولییەکـانی بـۆن. یەکەم پرســیار کە ئەوان بەدواداچوونیـان بـۆ کرد، چۆنێتیی وەرگرە مۆلکیولییەکان بوو کە وا گریمانە دەکرا لەسـەر ڕووبەری هەســتەدەمارەکانی بــۆنکردن بێــت و ناســینی مۆلکیــوڵە جیاوازەکانی بۆن بوو. بە دەرەپشـکنین بـۆ ئەوەی سـەبارەت بە خـانە هەسـتەوەرەکانی تـر زانرابـوو، ئەو بۆچوونەیـان لا دروسـت بـوو کە وەرگرەکــان جۆرێــک پــڕۆتین لە پەردەی دەرەوەی خــانە بــوون کە دەکرا مۆلکیوڵەکانی بۆن لێوەی تێبپەڕن؛ بەڵام لەو کـاتەدا هـیچ کەس، هــیچ کــام لەم وەرگــرانەی بــۆنی جیــا نەکردبــووەوە، بــۆیە کەس نەیدەزانی ئەوان چۆن کـار دەکەن. هەمـوو تیمەکە ناچـار بـوون بـگەن

---

28 R. Eisner, "Richard Axel: one of the nobility in science," P&S Columbia UniversityCollege of Physicians and Surgeons, vol. 25: 1 (2005)

بەو ئەنجامەی کە وەرگرە زیرەکەکان لەوانەیە لە ناو خێزانێکدا بن کە پێیان دەگوترێت پرۆتینە جووتە وەرگرەکانی G کە ناسراون بەوەی جۆرەکانی تری نیشانەی کیمیایی وەک هۆرمۆنەکان وەردەگرن.

لیندا بوک هەوڵی دا خێزانێکی بە تەواوەتی نوێی جین دیاری بکات کە ئەم جۆرە لە وەرگر بە کۆد دەکەن، کە تەنها دەربڕی (لەم سیاقەدا دەربڕین (expressed) بە واتای ئەوەیە جینێک کە چالاکە زانیاری بۆ ناو RNA کۆپی دەکات و لە دواییدا دەیدا بە مەشینی سەنتزی پرۆتین بۆ دروستکردنی پرۆتینێک بە هۆی ئەو جینەوە بە کۆد دەکرێت، وەک ئەنزیمێک یان وەرگرێکی تایبەتی بۆن) خانە دەمارییەکانی وەرگری بۆنە. ئەو هەوڵی دا شرۆڤەی ئەوە بکات کە ئەم جینانە وەرگرەکانی ڕفێنەری بۆن بە کۆد دەکەن. شیکاری زیاتر پیشانی دا کە جینۆمی مشک نزیکەی ۱۰۰۰ لەم وەرگرە دیاریکراوە نوێیانە بە کۆد دەکات، هەر کام لەوان تۆزێک جیاواز لەوی ترە و هەر کام لەوان وا ڕێک خراوە ۱ بۆنی تەنها هەست پێ بکات. ژمارەی جینەکانی وەرگری بۆن لە مرۆڤەکاندا هاوشێوەیە. بەڵام ۲ لەسەر ۳ی ئەوان دەگۆڕرێن بەو جینانەی پێیان دەگوترێت زڕەجین (pseudogenes) کە لە ژمارەیەکی زۆر بازدانەوە کۆ بووەتەوە، ئیتر کار ناکەن.

بەڵام چی ۳۰۰۰ یان ۱۰۰۰ جینی وەرگر هەبێت؛ زۆر دوورە لە وێنەی ۱۰،۰۰۰ بۆنی جیاواز کە مرۆڤ دەتوانێت دیاریی بکات. بە ڕوونی یەکگرتنەوەیەکی یەک بە یەک لە نێوان جۆرەکانی وەرگری بۆن و جۆرەکانی بۆن لەئارادا نییە، هەر بۆیە چۆن نیشانە وەرگیراوەکان بە هۆی وەرگرەکانی بۆنەوە دەگۆڕرێت بە بۆن، هێشتا هەر نهێنییە. هەروەها چۆنێتیی کارکردنی هەستکردن بە جۆرەکانی مۆڵکیوڵەکانی بۆن کە لە نێوان خانە جۆراجۆرەکانی بۆندا هاوبەش دەبێت، هێشتا ڕوون نییە. جینۆمی هەر خانەیەک بریتییە لە کۆمەڵەیەکی تەواو لە جینەکانی وەرگری بۆن کە لە بنەڕەتدا توانای هەستکردن بە هەر بۆنێکی هەیە. یان ئایا جۆرێک دابەشکردنی کار

هەیە؟ بۆ وەڵامدانەوەی ئەم پرسیارانە، تیمەکەی زانکۆی کۆلۆمبیا تەنانەت تاقیکردنەوەیەکی زۆر داهێنەرانە و بلیمەتانەیان کرد: ئەوان بە شێوەی جینێتیکی مشکیان گۆڕی، بە شێوەیەک هەموو هەستەخانەکانی بۆنی دەربڕی وەرگری بۆنێکی تایبەتی کرد بە ڕەنگی شین. هەموو خانە شینەکان ئەوەی دەردەخست کە هەموویان پیشاندەری وەرگری ئەم بۆنەن. وەڵامەکە ڕوون بووەوە، کاتێک تیمەکە خانەکانی بۆنی مشکە ئەندازیاریکراوەکەیان تاقی کردەوە: بە نزیکەیی یەکێک لە هەر ۱۰۰۰ خانە ڕەنگەکەی شین بوو. ئەمە پیشانی دەدا کە هەر خانەیەکی هەستەدەماریی بۆن گشتی نین، بەڵکو تایبەتن.

زۆری پێ نەچوو لیندا بوک لە کۆلۆمبیا ڕۆی بۆ ئەوەی تاقیگەکەی خۆی لە هارڤارد بینا بکات و هەر ۲ گرووپەکە بە شێوەی هاوڕێک درێژەیان بە کارکردن دا تا شیکاری ژمارەیەکی زۆر لە نهێنییەکانی بۆنکردن بکەن. ئەوان بە زوویی تەکنیکێکیان داهێنا بۆ ئەوەی خانەدەمارییە تاکەکانی بۆن جیا بکەنەوە و ڕاستەوخۆ پشکنین بۆ هەستیاری بە بۆنە تایبەتەکان بکەن، وەک بۆنی لیمۆنی پرتەقاڵەکەت. ئەوان دۆزییانەوە هەر بۆنێکی کیمیایی نەک ۱ دانە خانەی دەماری، بەڵکو چەندین خانە هاوکات چالاک دەبێت. هەروەها هەر هەستەدەمارێک بە چەندین بۆن وەڵام دەداتەوە. وا دیار بوو ئەم دۆزینەوەیە چارەسەری مەتەڵی چۆنێتیی ئەوەی ۳۰۰ وەرگری بۆن دەکرێت ۱۰،۰۰۰ بۆنی جیاواز بناسنەوە. تەنها ۲٦ بیت دەکرێت بە ڕێگەی جیاواز لێک بدرێن بۆ ئەوەی هەموو وشەکانی کتێبێک بنووسرێت، کەوابوو چەند سەد وەرگری بۆن دەکرێت بە چەندین تریلیۆن ڕێگەی لێکدان چالاک ببن بۆ ئەوەی ڕیزکراوێکی زۆر بەربڵاو لە بۆنەکان هەست پێ بکەن.

ڕیچارد ئاکسل و لیندا بوک لە ساڵی ۲۰۰٤دا بە هاوبەشی خەڵاتی نۆبێلیان بۆ دۆزینەوە پێشڕەوەکانیان سەبارەت بە "وەرگرەکانی بۆن و ڕێکخستنی سیستەمی بۆنکردن" بردەوە.

دۆزینەوەی کلیلی بۆن

ڕووداوی سەرەتایی لە هەستکردن بە بۆنێک، وەک بۆنی پرتەقاڵ، تەپۆڵکەیەکی دەریایی، جووتێک، ڕاوچییەک یان ڕاوێک ئێستا وا تێیگەیشتووین کە بریتییە لە لکانی مۆلکیولێک بە برژاڵی کۆتایی یەکێک لە هەستەدەمارە شێوە لەگسکچووەکان. بەڵام چۆن هەر کام لە وەرگرەکان کۆمەڵە مۆلکیولی بۆنی خۆی، بۆ نموونە لیمۆن دەناسێتەوە و هیچ کام لە دەریای بۆنە مومکینەکانی تر کە دەکەون لە پەردەی بۆن، پێوەی نالکێن؟

ئەمە نهێنییە گەورەکەی بۆنە.

لێکدانەوەی نەریتی بەندە لەسەر میکانیزمی قفڵ و کلیل (lock and key mechanism). مۆلکیولەکانی بۆن وا بیر دەکرێتەوە گونجاون لەگەڵ وەرگرەکانی بۆن وەک چۆن کلیلێک گونجاوی قفڵەکەی خۆیەتی. بۆ نموونە، مۆلکیولەکەی لیمۆن بە ئاسانی دەچنە ناو وەرگرە بۆنە تایبەتەکەی خۆیانەوە. بە ڕێگەیەک کە هێشتا ڕوون نییە چۆنە، ئەم ڕووداوی لکانە وا بیر دەکرێتەوە وەرگرێک دەخاتە کار و ناچاری دەکات پرۆتۆنێک ئازاد بکات، کە ناسراوە بە پرۆتۆنی G، کە بە شێوەی ئاسایی بەستراوەتەوە بە ڕووبەری ناوەوەیی وەرگرەکە، زۆرتر وەک مووشەکێک کە بەستراوەتەوە بە لەشی کەشتییەکەوە. هەر کاتێک مووشەکە پرۆتینییەکە هاوێژرا بۆ ناو خانەکە، ڕێگەی خۆی بەرەو پەردەی خانەکە دەگرێت، کە کەناڵێک دەکاتەوە بۆ ئەوەی ئایۆنە بارگاوییە کارەباییەکان بڕۆنە ناو خانەکەوە. تەزووە کارەباییەکە لە پەردەکەوە تێپەڕ دەبێت و دەبێت بە هۆی ئەوەی نیوترۆنێک دەربچێت (زیاتر سەبارەت بەمە لە بەشی ٩دا دەخوێننەوە) و نیشانەیەکی دەماری لە پەردەی بۆنەوە بەرەو مێشک بنێرێت.

میکانیزمی قفڵ و کلیل پێشنیاز دەکات کە مۆلکیولە وەرگرەکان لە ڕوخساردا تەواوکەری مۆلکیولەکانی بۆنن کە بە گونجاو دەچنە ناو یەکتری. نموونەیەکی سادە خشتە پازەڵەکانە کە منداڵ چێژی لێ

دەبینێت، کاتێک پارچەیەکی بڕراو بە ڕوخسارێکی تایبەتەوە دەکات (تۆ بڵێ بازنەیەک، چوارگۆشەیەک یان سێگۆشەیەک) ناچارە ڕێک بگونجێت لە ناو بۆردێکی دارین بۆ ئەوەی ڕوخسارە بڕراوەکەی تەواو بکات - ئێمە دەکرێت وای دابنێین هەر کام لە مۆلکیولەکانی بۆن ڕوخساری پارچەیەکی لەو شێوەیەیان هەبێت - بەم پێیە لەوانەیە بۆنێکی پرتەقاڵ، بۆ نموونە لیمۆن، بازنەیی بێت، سێو بە شێوەی چوارگۆشە بێت و بۆنی مۆز سێگۆشە بێت. کەوابوو دەکرێت وێنای بکەین هەر وەرگرێکی بۆن هەڵگری تیوورەکەیەکی بۆنی پێوە لکاوە کە ڕێک خراوە بۆ ڕوخسارێکی ئایدیال بۆ ئەو مۆلکیولە بۆنانەی کە گونجاون بۆ ئەوەی بچنە ناوی.

هەڵبەت بە دڵنیاییەوە مۆلکیولە ڕاستەقینەکان ئەم ڕوخسارە ڕێکوپێکانەیان نییە، پرۆتینە ڕاستەقینەکانی وەرگر هەڵگری ڕوخساری زۆر ئاڵۆزی بوخچە لکاوەکانن بۆ ئەوەی لەگەڵ مۆلکیولە ڕاستەقینەکانی بۆندا بگونجێن. لەوانەیە زۆرترینەکەیان ڕوخساریان بە ئاڵۆزیی شوێنە چالاکەکانی ئەنزیمەکان بێت کە لە بەشی ٣دا باسمان کرد و جەوهەرە مۆلکیولەکانی پێوە دەلکا. لە ڕاستیدا بڕوا وایە مۆلکیولەکانی بۆن بە هەمان شێوە دەکەون لە بوخچە لکاوەکان، کە جەوهەرەکان دەکەوتن لە شوێنە چالاکەکانی ئەنزیمەکان (وێنەی ٣:٤) یان تەنانەت بەو شێوەیەی دەرمانەکان کارلێک لەگەڵ ئەنزیمەکان دەکەن. لە ڕاستیدا ئەمە بەڵگەیە لەسەر ئەوەی کە لە ڕۆڵی میکانیکیی کوانتەم تێبگەین کە لە نێوان بۆنەکان و وەرگرەکانیدا دەیگێڕێت و دەکرێت لە ئەنجامدا بگات بە دیزاینی دەرمانی زۆر کاریگەرتر.

لە هەرحاڵدا، پێشبینییەکی ڕوونی تیۆریی ڕوخسار بریتییە لەوەی کە دەبێت جۆرێک گرێدراوی لە نێوان ڕوخساری مۆلکیولی بۆنێک و هەست بە بۆنکردنەکەی هەبێت: مۆلکیولە بۆنە شێوە یەکسانەکان دەبێت هەستی بۆنکردنی یەکسان دروست بکەن، هەروەها مۆلکیولی بۆنی شێوە زۆر جیاواز، دەبێت هەستی بۆنەکەیان زۆر جیاواز بێت.

یەکێـک لە بـۆنە زۆر ترسـناکەکان لە مێـژووی مرۆڤایەتیـدا، بـۆنی خەردەل یان وێنجەی ڕزیو لە سەنگەرەکانی جەنگی گەورەی جیهانییە. گازە نەبینراوەکان بە پانتایی زەوییەکە بڵاو دەبێتەوە و تەنها بڕێکی کەم خەردەل (گـازی خەردەل) یـان وێـنجەی ڕزیـو (فسـۆجین) لەوانەیە بەس بێـت بـۆ ئەوەی لە مـاوەیەکی کەمـی چەنـد چرکەییـدا سـەربازێک فریـا بکەوێـت ماسـکەکەی هەڵببەسـتێت پـێش ئەوەی سـییەکانی پـڕ ببێـت لە مـادەیەکی کوشـندە. کیمیـایی مـالکوم دایسـۆن (Malcolm Dyson) لە هێرشـێکی گـازی خەردەل ڕزگـاری بـوو، لەوانەیە ئەو تێگەیشـتنەی پـێ دابێت تـا لە بەهـای ڕزگاریـدەری لـووت بڕوانێـت کە گەیانـدی بەوەی لە سروشـتی بـۆن ورد ببێـتەوە، هەر بـۆیە دوای جەنـگ دەسـتی کـرد بە شیکاریی ژمارەیەکی زۆر پێکهاتەی بۆنی دەسکرد و لووتی بۆ بۆنکردنی بەرهەمەکـانی کـارادنەوەی ئـاوێتەکردنەکە بە کـار دەهێنـا. بەڵام دایسـۆن سەرسام بوو بەوەی کە لە نێوان ڕوخساری مۆڵکیولێک و بۆنەکەی هیچ پەیوەنــدییەک نیــیە. بــۆ نمــوونە، ژمــارەیەکی زۆر لە مۆڵکیولەکــان ڕوخساری زۆر جیاوازیان هەیە، وەک ئاوێتەکان لە وێنەی ٢:٥a-d دا کە بۆنەکەیـان یەک شـتە- لەم بـارەدا هەموویـان بـۆنی مسـکیان (Musky) هەیە (بە شێوەی نەریتی مسک لە ژمـارەیەک سـەرچاوەی سروشـتییەوە بە دەسـت دێـت، وەک ڕژێـنە سێکسـییەکانی ئاسـکی مسـک، ڕژێنەکـانی پاشــەڕۆی چێڵــی مســک، پاشــەڕۆی ســمۆرەی ســنەوبەر و میــزی گۆڕهەڵکەنە. بەڵام لە ئێسـتادا بە نزیکەیـی هەمـووی بە شـێوەی ئـاوێتەیی دروســت دەبێــت). بە پــێچەوانەوە، ئەو ئاوێتــانەی کە ڕێســای زۆر هاوشـێوەیان هەبـوو (وەک پێکهاتەکـانی e و f لە وێـنەکەدا) زۆربەیـان بـۆنی زۆر جیاوازیـان هەیە- لەم بـارەدا بـۆنی پێکهـاتەی f هاوشـێوەی میزە، بەڵام e وەک ئەوانەن کە هیچ بۆنێکیان نییە[٢٩].

[29] C. S. Sell, "سەبارەت بە نەشیاو بۆ پێشبینیی بۆن" Angewandte Chemie, International Edition (English), 45: 38 (2006), pp. 6254–61.

ئەم نەبوونی پەیوەندییە لە نێوان ڕوخساری مۆلکیولێک و بۆنەکەی، هێشتا پرسێکی سەرەکییە لە بەرهەمهێنانی بۆن و تام بە شێوەی پیشەسازی. لەجیاتیی بوونی توانایی بۆ دیزاینی بۆنێک بە ڕێگەیەک وەک دیزاینی بوتڵی بۆنەکە، بۆنەکان ناچارن بەند بن لەسەر شیکاری کیمیایی و هێزی درکپێکردن و تاقیکردنەوە و هەڵەی هەڵسەنگاندی بۆن، لە لایەن کیمیاییەکانی وەک دایسۆن. بەڵام دایسۆن ئاماژەی بەوە کرد کە گرووپەکانی بۆن (ئەو مادە کیمیاییانەی کە هەمان بۆنیان هەیە) زۆربەی جار پێک هاتوون لەو بەشانەی کە دەکەونە ناو هەمان گرووپە کیمیاییەکانەوە، بۆ نموونە، ئەتۆمی ئۆکسیجن دەلکێت بە ئەتۆمێکی کاربۆنەوە بە ڕێگەی بەندێکی دەبڵەوە C=O، لە مادە کیمیاییەکانی بۆنی میسک لە وێنەی ٥:٢. ئەم گرووپە کیمیاییانە بریتین لە بەشی هەر مۆلکیولێکی گەورە و زۆر لە تایبەتمەندییەکان و بۆنەکەشی دیاری دەکات، بەوانەشەوە کە دایسۆن ئاماژەی پێ دا. کۆمەڵەیەکی تر لە پێکهێنەرەکانی بۆن، کە بۆنی هاوشێوەیان هەیە، ژمارەیەکی گەورەیە لە مادە کیمیاییەکان، بە ڕوخساری مۆلکیولی جۆراجۆرەوە، ئەوانەی هەڵگری گرووپی کیمیایی سولفیدرلن ((sulphydryl (S–H)، کە لەودا ئەتۆمێکی هایدرۆجین دەلکێت بە ئەتۆمێکی سولفور، کە بۆنی هێلکەی گەنیو دەدا. دایسۆن گەیشت بەوەی پێشنیاز بکات کە ئەو شتەی لووت دەری دەخات، ڕوخساری مۆلکیولەکان نییە، بەڵکو لایەنە فیزیاییە جیاوازییەکانیەتی، کە ناسراوە بە لەرەلەر کە بەندە مۆلکیولییەکانی نێوان ئەتۆمەکانی دەلەرنەوە.

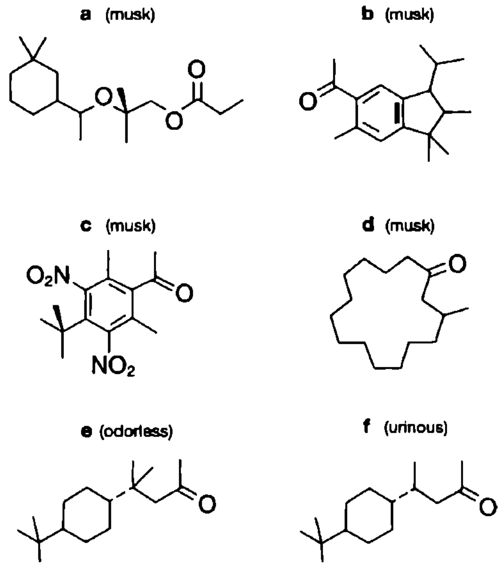
لە کۆتایی سالانی ١٩٢٠ەکان، کاتێک دایسۆن بۆ یەکەم جار گوتەکانی هێنایە ئاراوە، کەس هیچ ئایدیایەکی سەبارەت بە دەرخستنی لەرینەوەی مۆلکیولەکان نەبوو. بەڵام لە سەفەرێک بەرەو ئەورووپا لە سالانی سەرەتای ١٩٢٠ەکان فیزیایی هیندی چاندرسکارا ڤینکاتا رامان، سەرسام بوو بە "تیشکدانەوەی ڕەنگی شینی لێڵی دەریای ناوەڕاست" و بیری کردەوە کە "هۆکاری دیاردەکە لە

ســەرچاوەوە دەگەڕێــتەوە بــۆ بڵاوبــوونەوەی ڕوونــاکی بە هــۆی مۆلکیولەکانی ئاوەوە". بە شێوەی ئاسایی کاتێک ڕووناکی دەکەوێت لە ئەتۆم یان مۆلکیولێک، بەرکەوتنەکە ئیلاستیکییە و هیچ وزەیەک لەکیس ناچێت، وەک هەڵبەزینەوەی تۆپێکی لاستیکی لەسەر ڕووبەرێکی ڕەق. ڕامان وای دانا لە هەندیک باری دەگمەندا ڕووناکی دەکرێت بە شێوەی نائیلاستیک بڵاو ببێتەوە، وەک ئەوەی تۆپێکی ڕەق بکەوێت لە تێڵایەک و هەندێک لە وزەکەی بگوازێتەوە بۆ تێڵاکە و دەستی خاوەن تێڵا (بیر لە تۆپێکی بەیسبۆڵ بکەرەوە کە دەکەوێت لە تێڵا و تێڵابەدەست و هەردووکیان بە خێرایی دەخولێنێتەوە). لە بڵاوبوونەوەی نائیلاستیکیی فۆتۆنەکان بە هاوشێوەیی وزەکەیان لە دەست دەدەن و دەیگوازنەوە بۆ بەندە مۆلکیولییەکان و دەبن بە هۆی لەرینەوەیان، هەر بۆیە ڕووناکی بڵاوەبوو بە وزەیەکی کەمترەوە دەردەپەڕێت. کەمبوونەوەی وزەی ڕووناکی بە واتای نزمبوونەوەی لەرەلەرەکەی و خزانی ڕەنگەکەی بەرەو کۆتایی شینی شەبەنگەکە شتێک کە ڕامان ناوی ناوە "ڕەنگی شینی لێڵی سەرسووڕهێنەر".

کیمیاییەکان ئەم پرەنسیپە بۆ پشکنینی ڕێسای مۆلکیولی بە کار دەهێنن. لە سەرەتادا ڕووناکی دەدرێت لە نموونەیەک مادەی کیمیایی و جیاوازی لە ڕەنگ یان لەرەلەر (لە ئەنجامدا وزە) لە نێوان ڕووناکیی تێهاتوو و دەرچوو کە پێی دەگوترێت شەبەنگپێویی ڕامان بۆ مادەیەکی کیمیایی تایبەت، کە وەک جۆرێک واژۆی بەندە کیمیاییەکان وایە.

تەکنیکەکە هەڵگری ناوی داهێنەرەکەیەتی و پێی دەگوترێت شەبەنگپێویی ڕامان و بە هۆیەوە خەڵاتی نۆبێلی پێ بەخشرا.

کاتێک دایسۆن ئاگاداری کارەکەی ڕامان بووەوە، تێگەیشت کە ئەمە دەکرێت میکانیزمێک دروست بکات کە بە ڕێگەی ئەو، لـووت لەوانەیە پشکنین بۆ لەرینەوەی مۆلکیولی مۆلکیولەکانی بۆن بکات. ئەو پێشنیازی کرد کە لـووت "لەوانەیە وەک شـەبەنگپێوێک" توانای هەستکردنی لەرەلەرە تایبەتەکانی هەر لەرینەوەیەکی بۆندی کیمیایی جیاوازی هەبێت.



وێنەی ٥:٢

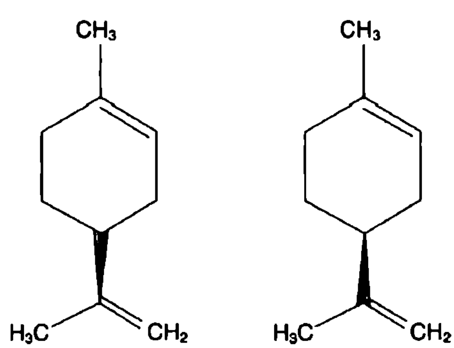
مۆلکیولەکانی a-d ڕوخساریان زۆر جیاوازە، بەڵام بۆنەکەیان تا ڕادەیەکی زۆر وەک یەک وایە. مۆلکیولەکانی e و f ڕوخسارەکەیان وەک یەک وایە، بەڵام بۆنەکەیان زۆر جیاوازە لە یەکتری.

ئەو تەنانەت لەرەلەرە هاوبەشەکانی لە شەبەنگی ڕامانی ئاوێتەکاندا دیاریی کرد، کە گرێدراوە بە بۆنەکانیانەوە. بۆ نموونە هەموو میرکاپتانەکان (mercaptan) (ئەو بەشانەی کە هەڵگری بەندێکی هایدرۆجین - سولفوری کۆتایین) پێکێکی هاوبەشی ڕامانی تایبەتیان هەیە بە لەرەلەری ٢٥٦٧-٢٥٨٠. ئەوان هەموویان بۆنی هێلکەی گەنیو دەدەن.

تیۆریی دایسۆن لانیکەم بۆ سروشتی شیکاریی بۆنەکان گرنگیی پێ دەدرێت، بەڵام هیچ کەس کەمتر ئایدیای سەبارەت بەوەی چۆن شەبەنگپێوی ڕامان دەکرێت لووتمان بۆ هەستی بۆنکردن بە کاری

بهێنێـت، نیـیه. دوای هەمـوو ئەمـانە نە تەنهـا ڕوونـاکیی بڵاوەبـوو پێویسـتە دیل بکرێت و بە هـۆی شـەبەنگپێوی بـایۆلۆجییەوە شـیکار بکرێت، پێویستیشە سەرچاوەی ڕووناکییش دیار بێت.

نـاتەواویی جیـدیی تیـۆریی دایسـۆن کاتێـک دەرکەوت کە دۆزرایەوە لـووت دەکرێت بە ئاسـانی جیـاوازی بکـات لە نێوان ئەو مۆڵکیولانەی کە ڕێک هەمان ڕێسا هەمان شەبەنگی ڕامانیـان هەیە، بەڵام وێنەی ئـاوێنەیی یەکترن. بۆ نمـوونە مۆڵکیـوڵی لیمـۆن کە بە شـێوەیەکی بەرچـاو بەرپرسـە لە بـۆنی پرتەقـاڵەکەت، دەکرێـت وەک مۆڵکیـولێکی ڕاسـتگەر هەژمـار بکرێـت. بەڵام بە نزیکەیـی مۆڵکیولێـک ڕێـک بە هەمـان شـێوە بە نـاوی دیپێنتـــین (dipentene) هەیە، کە وێـــنە ئـــاوێنەییە چەپگەرەکەیەتـــی (سەیری وێنەی ٥:٣ بکە، کە ئاماژە کراوە ناوچەی سێبەرکراو لە بنەوەی هەر بەشـێک بەنـدێکی کـاربۆن - کـاربۆن پیشـان دەدات کە ئامـاژەیە بە هەر کام لە ژێرەوە (a) یان سەرەوەی (b) لاپەڕەکە).



a
limonene
لیمۆن

b
dipentene
دیپینتین

وێنەی ٥:٣

لیمۆن (a) و دیپیتینین (b) بریتین لە وێنەی ئاوێنەیی مۆلکیولەکان بە جیاوازیی بۆنی زۆرەوە، مۆلکیولەکان تەنها لە ئاراستەگری نزمترین گرووپی کیمیاییدا جیاوازن کە وەک سەرەڕمێک لە خوارەوەی وێنەکەدا پیشان دراوە (بەندەکە ئاراستەکەی بەرەو خوارەوەیە)، لە لیمۆن و (بەندەکە بەرەو سەرەوەیە) لە دیپیتینیندا. هەڵبەت مۆلکیولەکانی دیپیتین دەکرێت پێچەوانە ببێتەوە وەک لیمۆنی لێ بێت، بەڵام لە دواییدا بەندە دوانییەکەی دەگۆڕرێت بەرەو چەپ تا بەرەو ڕاست بڕوات، هەر بۆیە هێشتا بە جیاواز دەمێنەوە. مۆلکیولەکە وەک دەستکێشی ڕاست و چەپ وان.

دیپیتینی هەمان بۆندی مۆلکیولی لیمۆنی هەیە و شەبەنگە ڕامانەکەیان یەکسانە، بەڵام بۆنەکەیان زۆر جیاوازە: ئەو بۆنەکەی وەک بۆنی میوەی درەختی سنەوبەر (turpentine) وایە. ئەو مۆلکیولانەی بە شێوەی چەپگەر یان ڕاستگەر دەردەکەون پێیان دەگوترێت کیرال (chiral) (مۆلکیولی کیرال وێنەی نەکەوتنەسەریەکی ئاوێنەیی یەکترن) زۆربەی جار ئەوان بۆنەکەیان زۆر لەگەڵ یەکتری جیاوازە. یەکێکی تر لە ئاوێتە کیرالییەکان کارۆڤنە (carvone)، مادەیەکی کیمیاییە کە تووەکانی وەک شوێت (dill) و زیرە (caraway)، کە بەرپرسە لە بۆنی زیرە؛ مۆلکیولە وێنە ئاوێنەییەکەی بۆنی توندی ڕێحانەی هەیە. شەبەنگپێوی ڕامان توانای ئەوەی نییە بە ئامێرەکەی جیاوازی بکات لە نێوان ئەم ئاوێتانە، بەڵام لووت بە سادەیی ئەم جیاوازییە دەکات؛ بە ڕوونی دیارە بۆن ناکرێت بەند بێت لەسەر لەرینەوەی مۆلکیولی. لانیکەم تەنها ناکرێت ئەمە بێت.

ئەم کەلەبەرە لە تیۆریی لەرینەوە سەبارەت بە بۆن بە هۆی تیۆریی قفڵ و کلیلەوە دادەپۆشرێت کە زۆر دواتر و لە نیوەی دواتری سەدەی ٢٠ هاتە ئاراوە، سەرەڕای باشترین هەوڵەکان لە لایەن ژمارەیەک پسپۆڕی لەرینەوەی مۆلکیولی وەک کیمیایی

کەنەدایی ڕۆبێرت ڕایت (Robert H. Wright) کە چارەسەرێکی ماتەوزەیی بۆ پرسی مۆلکیولە چەپگەر و ڕاستگەرەکان پێشکەش کرد، هەڵگری هەمان بەند بەلام بە بۆنی جیاوازەوەن. ئەو ئاماژەی بەوە کرد کە وەرگرەکانی بۆنخۆشیان بە نزیکەیی دەبێت کیرال بن (ئەوانیش لە شێوەی ڕاستگەر و چەپگەرن)، هەر بۆیە ئەوان ئەو مۆلکیولە بۆنانە هەڵدەگرن کە چەپگەر یان ڕاستگەرن، کەوابوو بەندەکانیان بە جیاوازی دەدەن بە هەستەوەرە لەریوەکان. بە بەراورد بە موزیک، جیمی هندریکسی چەپ دەست (HendrixJIMI) (پیشاندەری وەرگری بۆن) بە گشتی گیتارەکەی (مۆلکیولی بۆنی کیرال) وا ڕادەگرێت کە سەرەکەی بەرەو ڕاست بێت. لە هەمان کاتدا چەپدەست ئریک کلاپتۆن (Eric Clapton) گیتارەکەی (پیشاندەری وێنەی ئاوێنەیی مۆلکیول) وا ڕادەگرێت سەرەکەی بەرەو چەپ بێت (لە ڕاستیدا هندریکس بە گشتی گیتارێکی ڕاستگەر لێ دەدات کە بەرەو خوارەوەیە، بەلام ئەو ژێیەکانی پێچەوانە کردووەتەوە، هەر بۆیە ئەو E بەرزە هەمان شوێنیان دەبێت ئەگەر کاتێک گیتارێکی چەپگەری لێ دەدا) هەر ٢ موزیکژەنەکە دەکرێت هەمان ڕیف (riff) (هەمان لەرینەوە دروست بکەن) بە گیتارە وێنە ئاوێنەییەکان دروست بکەن، بەلام ئەو دەنگەی مایکرۆفۆنێکی فیکسکراو وەری دەگرێت (پیشاندەری هەستەوەری لەرینەوەی بەشی وەرگری بۆن) و لێی دەدا، تۆ بڵێ چەپی هەر کام لە موزیکژەنەکان بێت، تۆزێک لەگەڵ یەکتری جیاوازن چونکە ژێیەکان (بەندە مۆلکیولییەکان) بەگوێرەی مایکرۆفۆن لە شوێنی جیاوازدان. ڕایت پێشنیازی کرد کە وەرگرەکانی بۆنی کیرال لەرەلەری لەرینەوەی بەندە کیمیاییەکان هەست پێ دەکەن، بەلام تەنها کاتێک وەرگرەکان لە شوێنی ڕاستدان: ئەو وای دانا لە فۆرمەکانی چەپدەست یان ڕاستدەستن، ڕێک وەک گیتارژەنەکان، بەلام هێشتا هیچ ئایدیایەک نییە لەرینەوەی بایۆلۆجیی

هەستەوەر بە ڕاستی چۆن کار دەکات، تیۆریی لەرینەوە بۆ زانستی بۆن کەوتە پەراوێزەوە.

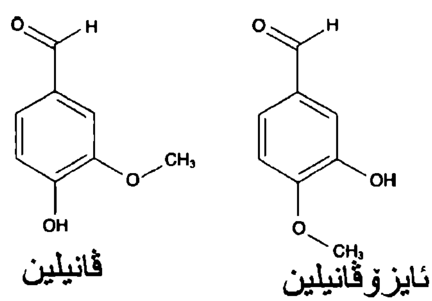
بە هەرحاڵ، تیۆریی ڕوخسار هێشتا کێشەی هەیە. وەک پێشتر باسمان کرد، کێشەی شرۆڤەی مۆڵکیوڵەکانی بۆنی هەیە کە فۆرمی جۆراجۆریان هەیە، بەڵام بە یەک بۆنەوە. بۆ سەروکەللە لێدان لەگەڵ ئەم پرسەدا گۆردۆن شێپێرد (Gordon Shepherd) و کینساکو مۆری (Kensaku Mori) لە ساڵی ١٩٩٤دا تیۆرییەکیان بە ناوی شێوە لاوازەکان (Weak shape) یان تیۆریی ئۆدۆتۆپ (odotope) پێشکەش کرد[٣٠].

جیاوازیی سەرەکی لە نێوان ئەمە و تیۆریی کلاسیکی ڕوخسار لە پێشنیازەکەی شێپێرد (Shepherd) و مۆریدا (Mori) دەردەکەوێت، کە لەجیاتیی ئەوەی ڕوخساری هەموو مۆڵکیوڵێک بە هۆی وەرگرەکانی بۆنەوە بناسرێتەوە، وەرگرەکە تەنها پێویستی بەوەیە ڕوخساری پێکهاتەی گرووپە کیمیاییەکە بناسێت. بۆ نموونە وەک چۆن پێشتر ئاماژەمان پێ دا، هەموو پێکهاتەکانی بۆنی مسک لە وێنەی ٥:٢دا ئەتۆمێکی ئۆکسیجن لکاوە بە ئەتۆمێکی کاربۆنەوە، بە هۆی بەندێکی دەبڵەوە. تیۆرییەکەی ئۆدۆتۆپ پێشنیاز دەکات کە لەجیاتیی هەموو مۆڵکیوڵەکە ڕوخساری ئەم جەوهەرە کیمیاییانە، لە لای وەرگرەکانی بۆنەوە دەناسرێت، ئەم تیۆرییە لە ڕێگەی شیکاریی سروشتیی بۆن باشترە، بەڵام ئەویش هەڵگری زۆر لە کێشەکانی تیۆریی لەرینەوەیە کاتێک سەروکاری لەگەڵ ئەو مۆڵکیولانە کە هەڵگری هەمان گرووپی کیمیایین، بەڵام بە ڕێکخستنی جیاوازەوە. بەم شێوەیە هیچ کام لە تیۆرییەکانی لەرینەوە و ئۆدۆتۆپە ناتوانن

---

[٣٠] K. Mori and G. M. Shepherd, "پرەنسیپە دەرکەوتووەکانی پرۆسیسنگی نیشانەی مۆڵکیولی لە بلقی بۆندا بە هۆی خانەکانی خودی/ گرێدراو لە کۆتەی بۆندا.
" Seminars in Cell Biology, vol. 5: 1 (1994), pp.65–74.

شرۆڤەی ئەوە بکەن چۆن جووتەکانی مادەی کیمیایی دەکرێت بۆنی جیاوازیـان هەبێـت سـەرەڕای ئەوەی هەمـان ڕێکخسـتنی گـرووپە کیمیاییەکـان هەیە، کە بە شـێوەی جیـاواز لەسـەر هەمـان داربەسـتی مۆڵکیـوڵییە. بـۆ نمـوونە هەردووی ڤـانیلین (کە پێکهێنەری سـەرەتایی ڤانیلای سروشتییە) و ئیزۆڤانلین پێک هاتوون لە ٦ ئەڵقەی کاربۆن بە ٣ گرووپـی کیمیـایی یەکسـان کە لە شـوێنی جیـاوازدا پـێکەوە لکـاون (وێنەی ٤:٥).



وێنەی ٤:٥

مۆڵکیولەکـان بە هەمـان بەشـی بنچینەیـیەوە- وەک ڤـانیلین و ئایزۆڤانیلین، پیشان دراو لێرە، دەکرێت بۆنی زۆر جیاوازیان هەبێت.

تیۆریی ئۆدۆتۆپ پێشبینی دەکات گرووپە کیمیاییە هاوشێوەکان دەبێـت بۆنیـان یەک شـت بێـت. هێشـتا بۆنەکـانی ڤـانیلا بە باشـی هاوشێوەی ڤانیلان، بەڵام ئایزۆڤانیلین بۆنێکی فینۆلیکی ناخۆشی هەیە (بـۆنی دەرمـان). مۆڵکیـوڵ بە هەمـان بەشـی بنچینەیـی کیمیـاییەوە - وەک ڤـانلین و ئایزۆڤـانلین کە لێـرەدا پیشـان دراون - دەکرێـت بـۆنی زۆر جیاوازیان هەبێت.

بۆ ڕووبەڕووبوون لەگەڵ ئەم پرسانە، تیۆریسازەکانی ڕوخسار بە گشتی پێشنیازی ئاوێتەیەک لە تیۆریی ئۆدۆتۆپ و بە گشتی هەندێک سەرچاوەی تێگەیشتن لە میکانیزمی کیرال دەکەن. لەگەڵ ئەوەشدا ئەمە هێشتا بە تەواوەتی ناکرێت شرۆڤەی بارودۆخی هاوبەشی یەکسانی مۆلکیولە وێنە ئاوێنەییەکان بکات کە هەمان بۆنیان هەیە (بۆ نموونە (4S,4aS,8aR)-(K)-geosmin و مۆلکیولە وێنە ئاوێنەییەکەی (4S,4aS,8aS)-(C)-geosmin کە هەردووکیان بۆنی کەڕووی خۆڵەکییان هەیە)، ئەمە پیشان دەدات کە ئەوان بە هەمان وەرگر دەناسرێنەوە، کە بریتییە لە هاوتای مۆلکیولی هەبوونی جۆرێک دەست کە لەگەڵ هەردووی دەستکێشی چەپدەست و ڕاستدەست بگونجێت. وا دیارە ئەمە ڕازیکەر نییە.

بۆنکردن بە لووتێکی کوانتەمی

ناسینی ڕوخسار بۆ تێگەیشتن ئاسانە: ئێمە بە شێوەی ئاسایی و هەمیشە سەروکارمان لەگەڵ ڕوخسارە تەواوکەرەکان هەیە، ئێمە لە تۆپتۆپێن ڕادەکەین، بە کلیل قفڵ دەکەینەوە یان بە دەرنەفیز برغوو توند دەکەین. ئەنزیمەکان (کە لە بەشی ٣دا کارەکەیمان بینی)، دژەتەنەکان، وەرگرەکانی هۆرمۆن و بایۆمۆلکیولەکانی تر ناسراون بەوەی بە شێوەی سەرەتایی بە ڕێگەی ڕێکخستنی ئەندازەیی ئەتۆم و مۆلکیولەکان لەگەڵ یەکتری کارلێک دەکەن، هەر بۆیە زۆر سەیر نییە تیۆریی ڕوخسار بۆ بۆنکردن پشتگیریی بەهێزی بە دەست هێنا لە لایەن ژمارەیەکی زۆر لە زیندەناسەکانەوە، بە براوەکانی وەرگری خەڵاتی نۆبێلی بۆنیشەوە، واتە ڕیچارد ئاکسیل و لیندا بوک.

پەیوەندیی بەند لەسەر لەرینەوە کەمتر لەگەڵی ئاشنایین، سەرەڕای ئەو ڕاستییەی لە دوان لە هەستەکانی ئێمەدا، واتە بیستن و بینین ڕۆڵی بنچینەیی هەیە. سەرەڕای ئەوەی فیزیای چۆنێتیی هەستکردنی لەرەلەری لەرینەوەی ڕووناکی لە لایەن چاوەوە و لەرەلەری

لەرێـــنەوەی تۆمـــارکراوی هەوا لە لایەن گـــوێچکەوە بە جـــوانی تێیگەیشتووین، هیچ کەسێک هیچ ئایدیایەکی سەبارەت بە لەرەلەری لەرینەوەی مۆلکیولی نەبوو.

لوسا تورین لەدایکبووی ساڵی ١٩٥٣ لە لوبنان، فیزیۆلۆجیی لە کـــۆلێژی زانکـــۆی لەنـــدەن (UCL) خوێنـــد. دوای تەواوکردنـــی خوێندنەکەی ڕۆیشت بۆ فەرەنسا بۆ کارکردن لە ناوەندی نەتەوەیی بۆ توێژینەوەی زانستی. لە شاری نایس ئەو بۆنێکی نایابی لە دیدار لە فرۆشگەی گالیری لافایت ئەزموون کرد. لە ناوەڕاستی ژووری بـــۆنەکەدا کۆگـــاکەی پیشـــان دان لە لایەن کۆمپانیـــای شیســـیدۆی ژاپـۆنییەوە بـۆ بـۆنە نوێیەکەیـان دروسـت کرابـوو، نـۆمبری نـۆیر (Nombre Noir) کە تورین بەم شێوەیە وەسفی دەکات: "بۆنەکەی لە نێـــوان گـــوڵی ڕۆز و وەنەوشـــەدا بـــوو، بەڵام بەبـــێ نەرمـــی و خۆشییەکەیان، پاشخانەکەی وەک بۆنی قوتووی جگەرەی چرووکی دروستبوو لە قوتووی درەختی سنەوبەر. لە هەمان کاتدا وشک نەبوو، بەڵکو وا دیار بوو بە شلەیەک شەفاف کرابێت کە ڕەنگە قووڵەکەی وەک شووشەی پەنجەرەکانی کڵێسە دەدرەوشایەوە."[٣١]

بەرکەوتنی تورین لەگەڵ بونێکی ژاپۆنیدا بوو، کە ئەو ئیلهامەی تێدا دروست کرد تا نهێنیی چۆنێتیی ئەو مۆلکیولانە بدۆزێتەوە کە دەچنە ناو لووتەوە و ئەو ئەزموونە درێژمەودایە دروست دەکات.

هاوشێوەی دایسۆن، تورین دڵنیا بوو کە گرێدراوی لە نێوان شەبەنگی لەرینەوەیی و بۆن ناکرێت و ڕێک لەگەڵ یەکتری یەک ناگرنەوە. ئەو لەژێر کاریگەریی ئارگیومێنتەکەی دایسۆندا بوو کە وەرگرەکانی بۆن دەکرێت بە ڕێگەی لەرینەوە مۆلکیولییەکانەوە هەستی پێ بکرێت. بەڵام بە پێچەوانەی دایسۆنەوە، ئەو میکانیزمێکی مۆلکیولیی نایابی پێشکەش کرد، کە بەو ڕێگەیە بایۆمۆلکیولەکان

---

[31] L. Turin, The Secret of Scent: Adventures in Perfume and the Science of Smell (London: Faber & Faber, 2006), p. 4.

دەكرێت لەرینەوەی بەندە كیمیاییەكان بە ڕێگەی تونێلڵێدانی كوانتمیی ئەلیكترۆنەكان دەربخرێت[٣٢].

ئەگەر لە بەشی ١وە لە بیرت بێت، تونێلڵێدان سیفەتێكی تایبەتی میكانیكیی كوانتەمییە كە ئەو توانایییە دەدات بە تەنۆلكەكانی وەك ئەلیكترۆن یان پرۆتۆن بۆ ئەوەی وەك شەپۆلی "ئەگەر" ڕەفتار بكەن و ئەو بەربەستانە بسمن كە بە هەر ڕێگەیەكی كلاسیكی ڕێگەپێدراو نییە. لە بەشی ٣دا بینیمان چۆن ئەمە ڕۆڵێكی بنەڕەتی لە ژمارەیەكی زۆر لە كارلێكە ئەنزیمییەكاندا دەگێڕێت. لە كاتێكدا تورینگ سەرسام بوو بە مەتەڵی نهێنیی بۆن، چاوی بە وتارێكی زانستی كەوت كە شرۆڤەی تەكنیكێكی شیكاریی كیمیایی نوێی دەكرد، بە ناوی شەبەنگپێوی تونێلڵێدانی ئەلیكترۆنە نائیلاستیكییەكان (inelastic electron tunneling (IETS) spectroscopy). لە IETSدا ٢ پلێتی كانزایی زۆر نزیك بە یەكتری دادەنرێن، كە دوورییان لە یەكتری زۆر بچووك بێت، ئەلیكترۆنە خڕبووەكان لەسەر یەكێك لە پلێتەكان بە شێوەی نێگەتیڤ بارگاوی دەكەن (بەخشەر) و هێزێكی ڕاكێشەری گەورە لە لاكەی ترەوە، كە بارگەكەی پۆزەتیڤە، كار دەكاتە سەری (وەرگر). بە شێوەی كلاسیكی وا دادەنرێت ئەلیكترۆنەكان وزەكەی خۆیان دەبەخشن بۆ ئەوەی لە مەودای نەگەیەنەریی نێوان پلێتەكانەوە باز بدەن. بەڵام ئەلیكترۆنەكان تەنی كوانتەمین و ئەگەر مەوداكەی بە ڕادەی پێویست بچووك بێت، دەكرێت تونێلی كوانتەمی لە نێوان بەخشەر و وەرگردا لێ بدەن. ئەم پرۆسەیە ناسراوە بە تونێلڵێدانی ئیلاستیك، چونكە ئەلیكترۆنەكان لەم پرۆسەیەدا نە وزە وەردەگرن و نە وزە لە دەست دەدەن.

بە هەرحاڵ، مەرجێكی زیادەكیی زۆر حەیاتی هەیە: ئەلیكترۆن دەكرێت بە شێوەی ئیلاستیك بە پانتایی شوێنەكە لە بەخشەرەوە بۆ

---

[32] L. Turin, "A spectroscopic mechanism for primary olfactory reception," Chemical Senses, vol. 21: 6 (1996), pp. 773–91.

وەرگر تونێل لێ بدات، تەنها ئەگەر کەلەبەرێکی بەتاڵ ڕێک بە هەمان وزەوە لە دەستەڕاستدا بێت. ئەگەر نزیکترین کەلەبەر لە وەرگردا لە وزەیەکی نزمتردا بێت، دەبێت ئەلیکترۆنەکە هەندێک لە وزەکەی لە دەست بدات بۆ ئەوەی بازدان بێتە ئاراوە. ئەم پرۆسەیە ناسراوە بە تونێللێدانی نائیلاستیکی، بەڵام وزەی بەهەدەرچوو پێویستە بە هەموو لایەکدا بڕوات، ئەگەر وا نەبێت ئەلیکترۆنەکە ناکرێت تونێل لێ بدات. ئەگەر مادەیەکی کیمیایی بخرێتە کەلەبەری نێوان پلێتەکانەوە، کەوابوو ئەلیکترۆنێک دەکرێت تونێل لێ بدات و وزە زیادەکەی بدات بە مادە کیمیاییەکە- کە ئەمە تا کاتێک مۆلکیولێک لە کەلەبەرەکەدا توانایی لەرینەوەی دروستی هەیە، دەکرێت ئەنجام ببێت. بە هەبوونی ئەم وزە زیادانە، ئەلیکترۆنەکان بە ڕێگەی تونێللێدانی نائیلاستیکی دەگەن بە پلێتی وەرگر کە تۆزێک وزەکەی نزمترە، بە شێکاریی جیاوازیی وزە لە نێوان ئەلیکترۆنی دەرچوو لە شوێنی بەخشەر و گەیشتوو بە شوێنی وەرگر، شەبەنگپێوی تونێللێدانی نائیلاستیک پشکنین بۆ سروشتی بەندە مۆلکیولییەکان دەکات.

با بگەڕێینەوە بۆ قیاسی موزیکی: ئەگەر تۆ بەردەوام ئامێرێکی ژێدار لێ بدەیت، دەزانیت کە دەکرێت نۆتەیەک لە دەرەوەی ژێیەکان تەنانەت بەبێ بەرکەوتن و بە ڕێگەی لەرینەوە دروست ببێت. لە ڕاستیدا ئەم فێڵە بۆ ڕێکخستنی گیتار بە کار دێت. ئەگەر تۆ پارچەیەکی زۆر بچووکی کاغەزی زۆر سووک بپێچیتە سەر یەکێک لە ژێیەکان و هەمان نۆتە لەسەر ژێی دراوسێ دروست بکەیت، دەبینیت پارچە کاغەزەکە لە شوێنەکەی خۆی هەڵدەبەزێت بەبێ ئەوەی ژێیەکان هیچ لێکەوتنێکیان لەگەڵ یەکتریدا هەبێت. ئەمە دەگەڕێتەوە بۆ ئەوەی لێدانی ژێ هەواکە دەلەرێنێتەوە و هەوای لەراوە دەکەوێت لە ژێیە لێنەدراوەکان و لەگەڵ ژێیە لێدراوەکە دەیخاتە دۆخی زرینگانەوە. لە IETSدا ئەگەر مادەی کیمیایی نێوان ٢ پلێتەکە بە هاوشێوەی سەرەوە بۆ لەرەلەرێکی دروست ڕێک بخرێت،

ئەلیکترۆنەکەی سەر پلێتی بەخشەر دەکرێت باز بدات. لە ڕاستیدا ئەلیکترۆنی تونێلێدەر بە لێدان لە بەندێکی مۆلکیولی وزەکەی لە سەفەرە کوانتەمییەکەیەوە لەم پلێتەوە بۆ ئەوی تر لە دەست دەدات.

تورین پێشنیازی کرد کە وەرگرەکانی بۆن بە هاوشێوەیی کار بکەن، بەڵام بە تەنها مۆلکیولێک - وەرگرێکی بۆن - تونێلێدانی کوانتەمی لەسەر کۆمەڵەی پلێتەکان و گەمەکە ئەنجام دەدات. ئەو وای دانا ئەلیکترۆنێک سەرەتا لەسەر شوێنی بەخشەر لە مۆلکیولەکەدا جێگەی گرتووە. لە IETSدا ئەلیکترۆنەکە ئەو تواناییەی هەیە بۆ شوێنی وەرگر لەسەر هەمان مۆلکیول تونێل لێ بدات، بەڵام ئەو وای دانا ئەمە بە هۆی جیاوازیی وزەی نێوان ۲ شوێنەکە ئەنجام نابێت. بە هەرحاڵ، ئەگەر وەرگر مۆلکیولێکی بۆنی لێ بکەوێت، تەنها یەکێک لەبەندەکان دەچێتە لەرەلەری دروستەوە و ئەلیکترۆنەکە دەکرێت بە ڕێگەی تونێلێدان لە بەخشەرەوە بچێت بۆ وەرگر، لە هەمان کاتدا بڕێکی دروست لە وزە دەگوازرێتەوە بۆ بۆنکەر و بە شێوەی کاریگەر یەکێک لە بەندە مۆلکیولییەکانی دەلەرێنێتەوە. تورین وای دانا کە ئەلیکترۆنە تونێلێدەرەکە، ئێستا لەسەر شوێنی وەرگرەکە جێگیر دەبێت و دەبێت بە هۆی ڕەهابوونی پرۆتینی G هەوسارکراوی مۆلکیولی بە سەرکەوتوویی دەبێت، کە دەبێت بە هۆی وروژانی هەستەدەمار تا نیشانەیەک بەرەو مێشک بنێرێت و بۆنی پرتەقاڵ ئەزموون بکات. تورین ژمارەیەکی زۆر بەڵگەی لەسەر تیۆریی کوانتەمیی لەرینەوە ڕێک دەخست. بۆ نموونە وەک پێشتر باسمان کرد، ئاوێتەکانی سولفور - هایدرۆجین بە شێوەی ئاسایی بۆنی توندی هێلکەی گەنیویان هەیە و هەموویان هەڵگری بەندێکی مۆلکیولیی سولفور - هایدرۆجینن کە بە لەرەلەری بە نزیکەیی ۷٦ تیتراهێرتز دەلەرنەوە (۷٦ تریلیۆن لەرینەوە لە چرکەیەکدا). تیۆرییەکەی پێشبینییەکی گەورەی دەکرد: هەر ئاوێتەیەکی تری پەیوەندیدار کە هەڵگری بەندێک بێت بە وەها لەرینەوەیەکی ۷٦

تێراهێرتزی بلەرێتەوە، دەبێت بۆنی هێلکەی گەنیو بدات، گرنگ نییە ڕوخساری چۆن بێت. بە داخەوە ژمارەیەکی زۆر کەم ئاوێتە هەن کە هەمان لەرینەوەی بەندیان لە شەبەنگەکانیاندا هەبێت. تورین بە ناو ئەرشیڤی شەبەنگپێویدا گەڕا تا مۆلکیولێک بە هەمان لەرینەوەوە ببینێت. سەرئەنجام ئەو دۆزییەوە کە بەندەکانی کۆتایی هایدرۆجین - بۆرۆن لە مادە کیمیاییەکانی ناسراو بە بۆرینز لەرینەوەکەیان ٧٨ تیراهێرتزە، کە بە تەواوەتی نزیکە لە ٧٦ تێراهێرتزەکەی S-H (گۆگرد - هایدرۆجین)، بەڵام بۆنی برۆنزەکان وەک چییە؟ لە ئەرشیڤی شەبەنگپێویدا زانیاریی ئەوتۆ لە بەردەست نییە، مادەکەشی هێندە نایابە نەیدەتوانی بیدۆزێتەوە و بۆنی بکات. بەڵام وتارێکی زانستیی کۆنی دۆزییەوە کە وەک مادەیەک بۆ "دوورخستنەوەی بۆن" ناسراوە کە ئەم چەمکە تەنها بۆ شرۆڤەی بۆنی سولفوری بە کار دێت. لە ڕاستیدا دەرکەوتووە کە بۆرانزەکان تەنها مۆلکیولی سروشتن و ناگوگردین و بۆنی هێلکەی گەنیو دەدەن وەک گۆگرد - هایدرۆجین. بۆ نموونە دیکابۆرن، کە تەنها لە ئەتۆمەکانی هایدرۆجین و بۆرۆن (بە فورمولی کیمیایی B10H14وە) دروست بووە.

ئەم دۆزینەوەیە، کە لە ناو هەزاران مادەی کیمیایی ئەرشیڤکراودا تەنها یەکێک هەمان بۆنی گۆگرد هایدرۆجینی هەیە کە هەمان لەرەلەری لەرینەوەی هەبێت، بەڵگەیەکی بەهێزی بۆ پشتگیریی تیۆریی لەرینەوە بۆ بۆن دەخستە بەردەست. لە بیرتان بێت، عەتارەکان بۆ دەیان ساڵ لە هەوڵدا بوون نهێنیی مۆلکیولی بۆن بزانن. تورین توانیی ئەو شتە ئەنجام بدات کە هیچ کام لە کیمیاییەکانی تر نەیانتوانیبوو بیکەن: پێشبینیی بۆن تەنها بە ڕێگەی تیۆری. ئەمە هاوتای کیمیایی بۆنی بۆندارێک لە ڕووی ڕوخساری بوتڵەکەیەوەیە. هەروەها تیۆریی تورین شێوە میکانیزمێکی کوانتەمی و زیندەناسییانەی دەخستە بەردەست، کە ئەو هەلەی دەدا تا زیندەمۆلکیولێک بە هۆی لەرینەوە مۆلکیولییەکەیەوە بناسرێتەوە. بەڵام شێوەمیکانیزم بەس نییە. ئەی چی ڕاستە؟

خەباتی لووتەکان

تیۆریی لەرینەوە هەندێک سەرکەوتنی دڵخۆشکەری هەبوو، وەک دیکابۆران (decaborane)، بەڵام هێشتا لە چارەسەری هەندێک پرسی هاوشێوەی تیۆریی ڕوخسار کڵۆڵە، وەک وێنەی ئاوێنەیی مۆلکیولی (بۆ نموونە لیمۆن و دیپیتینن) بۆنی زۆر جیاوازیان هەیە، بەڵام شەبەنگی لەرینەوەیان هاوشێوەیە. تورین هەوڵی دا پێشبینییەکی تری تیۆرییەکەی هەڵبسەنگێنێت. لەوانەیە بە بیرت بێتەوە کە کرداری تیۆریی تونێلێدانی ئەنزیمەکان (لە بەشی ٣دا) بە گۆڕینی فۆرمی باوی هایدرۆجین بە یەکێک لە ئایزۆتۆپە قورسەکانی، بۆ نموونە دوتریۆم، بە مەبەستی بەکارهێنانی کاریگەریی جووڵەی ئایزۆتۆپی تاقی کرایەوە. تورین هەوڵی فێڵێکی هاوشێوەی دا بە بۆنێک بە ناوی ئاسیتۆفینۆن (acetophenone) کە بە بۆنێکی خۆشی توند ناسراوە... هاوشێوەی بۆنی گوێژ یان مادەی گوڵی پرتەقاڵی بۆنناخۆش. ئەو مادەیەکی کیمیایی زۆر گرانبەهای کڕی کە لەودا هەر کام لە ٨ ئەتۆمە هایدرۆجینەکەی بەندی هایدرۆجین - کاربۆن بە دیتریۆم جێگیر کرابوو. ئەتۆمە قورسترەکان، هاوشێوەی ژێی گیتاری قورستر، بە لەرەلەری نزمترەوە دەلەرانەوە: بەندێکی هایدرۆجین - کاربۆنی ئاسایی بە لەرەلەری بەرزی ٨٥ - ٩٣ تیراهێرتز دەلەرێتەوە، بەڵام بەندی کاربۆدترۆم دادەبەزێت بۆ ٦٦ تیراهێرتز. هەر بۆیە بەدتریۆمکراوەکە شەبەنگی لەرینەوەکەی زۆر جیاوازە لە هایدرۆجینییەکەی. بەڵام ئەی ئایا بۆنەکەی جیاوازە؟ تورین پێش بۆنکردنی هەر کام لە ئاوێتەکان، بە وردی دەرگای تاقیگەکەی داخست، ئەو بینیی بۆنەکەیان جیاوازە، ئەوەی کە دتریۆم بوو کەمتر بۆنخۆش بوو، زۆرتر هاوشێوەی فاس بوو[٣٣]. تەنانەت دوای بە وردی بۆنکردنی هەر کام لە ئاوێتەکان، ئەو تێگەیشت کە

[33] Turin, The Secret of Scent, p. 176.

فۆرمی دتریۆمی و هایدرۆجینی زۆر لەگەڵ یەکتری جیاوازن. تیۆرییەکەی سەرکەوتوانە دەرباز بوو.

توێژینەوەکەی تورین، سەرنجی بەرەو سەرمایەگوزاری ڕاکێشا، پێویستی بە سەرمایە بوو بۆ ئەوەی کۆمپانیاکەی بونیاد بنێت. فلیکسترال سەرمایەکەی پێ بەخشی بۆ ئەوەی ئایدیای لەرینەوەی کوانتەمی بۆ وەبەرهێنانی بۆنی نوێ بە کار بهێنێت. نووسەر چاندلیر بور (Chandler Burr) تەنانەت کتێبێکی نووسی کە باسی هەوڵەکانی تورینی دەکرد بۆ دۆزینەوەی میکانیزمێکی مۆلکیولی بۆ بۆن[٣٤] و بی بی سی فیلمێکی دیکۆمێنتاریی سەبارەت بەو دروست کرد.

بەڵام لەگەڵ ئەوەشدا هێشتا بە بەراورد لەگەڵ تیۆریی ڕوخسار، زۆر خەڵک بەرەو لای خۆی ڕاناکێشێت. لیزلی ڤیزهال و ئاندریاس کیلێر (Leslie Vosshall and Andreas Keller) لە زانکۆی ڕاکیفیلێر (Rockefeller) هەڵسەنگاندنی بۆنیان بە هەردووی ئاسیتۆفینۆن دووبارە کردەوە، بەڵام لەجیاتیی پشتبەستن بە لووتی زۆر هەستیاری تورین، پرسیان بە ٢٤ کەسی ئاسایی کە ئاگاداری بابەتەکە نەبوون، کرد، بۆ ئەوەی جیاوازی بکەن لە نێوان بۆنی پێکهاتەکاندا. ئەنجامەکە زۆر زەق و ڕوون بوو: هیچ جیاوازییەک لە بۆندا نییە. پەیپەرە زانستییەکەیان لە ساڵی ٢٠٠٤دا لە Nature Neuroscience بڵاو بووەوە، کە ئیدیتۆرێک سەرنجی لەسەر دابوو کە "تیۆریی لەرینەوە هیچ بەختێکی لە بازنەی زانستدا نییە"[٣٥].

بەڵام هەر توێژەرێکی پزیشکی دەتوانێت پێت بڵێت تاقیکردنەوە لەسەر مرۆڤ دەکرێت بکەوێتە ژێر کاریگەریی ئەنجامدەرەوە، وەک چاوەڕێکردن بۆ بابەتەکە و ئەزموونەکانی پێشووتری تاقیگەر. بۆ

---

[34] C. Burr, The Emperor of Scent: A True Story of Perfume and Obsession (New York:Random House, 2003).

[35] A. Keller and L. B. Vosshall, "A psychophysical test of the vibration theory of olfaction," Nature Neuroscience, vol. 7: 4 (2004), pp. 337–8.

دووریکردن لەم پرسە، تیمێک بە ڕێبەرایەتیی ئیفسیمیوس سکۆلاکیس (Efthimios Skoulakis) لە ئەنستیتوتی ئەلیکساندر فلیمینگ و هەندێک لە وتوێژەرەکانی MIT، بە لوسا تورینیشەوە، بڕیاریان دا ڕەفتاری جۆرەکان بۆ تاقیکردنەوە لەبەرچاو بگرن: مێشی میوەی تاقیگە. تیمەکە هاوتای کەناڵەکەی گابریەل گرلاخ بۆ ماسیی کەڵەکەبەرد بۆ مێشی میوە بینا کرد. ئەوان ناویان لێ نا تاقیکردنەوەی پێچاوپێچی T (T-maze). مێشەکان لەو قەدەوە بە ڕێگەیەکی شێوەی T دەناسێنران و پاڵ پێوە دەنران بەرەو بەستەرێک بفڕن کە لەوێدا دەبوو هەڵبژاردنێک بەرەو لای چەپ یان ڕاست بکەن، هەوای بۆندار پەمپ دەکران بەرەو هەر کام لە قۆڵەکان، هەر بۆیە بە هەژماردکردنی ژمارەی مێشەکان کە بۆ هەر کام لە ئاڕاستەکان دەچوون، توێژەران دەیانتوانی بگەن بەو ئەنجامەی کە مێشەکان دەتوانن جیاوازی بکەن لە نێوان ئەو بۆنانەی کە لە لای ڕاست یان چەپەوە دەهاتن.

گرووپەکە سەرەتا لێکۆڵینەوەیان لەسەر ئەوە کرد کە مێشەکان هەست بە بۆنی ئاسیتوفۆن بکەن، لە ڕاستیدا ئەوان گەیشتن بەم ئەنجامە: تەنها بوونی تۆزێک مادەی کیمیایی لە کۆتایی قۆڵی لای ڕاست بەس بوو بۆ ئەوەی بە نزیکەیی هەموو مێشەکان بەرەو بۆنە میوەییەکە بڕۆن. گرووپەکە دتریۆمیان لەجیاتیی ئەتۆمەکانی هایدرۆجین لە ئاسیتوفینۆنرکە دانا؛ بەڵام لە ئاڵۆزکردنە نوێیەکەدا، ئەوان هەر کام لە ۳، ٥ یان هەموو ئەتۆمە هەشت هایدرۆجینییەکەیان بە دتریۆم گۆڕییەوە و هەر کام لە ڤێرژنە کیمیاییەکەیان بە جیا تاقی کردەوە. ئەنجامەکانیان سەرنجڕاکێش بوو. بە تەنها ۳ ئەتۆمی دتریۆم، مێشەکان حەزی خۆیان بۆ چوون بەرەو ڕاست لە بەستەرەکەدا لە دەست دەدا و بە شێوەی هەڕەمەکی بەرەو ڕاست یان چەپ دەچوون. بەڵام کاتێک توێژەرەکان لای ڕاست مادەی کیمیایی ٥ یان ۸یان تێکرد، مێشەکان بەرەو لای چەپ ڕوویان

وەرگێڕا و لە بۆنە دتریۆمدارەکە دوور کەوتنەوە. وا دەردەکەوت ئەوان لەوە دەچێت هەست بە جیاوازی لە نێوان بۆنی ئاستیۆفینۆن و هەڵگری دوتریۆمی قورس و ئاسایی بکەن و ئەوان ئێستا حەزیان لەو بۆنە نییە. تیمەکە ٢ بۆنی تریان تاقی کردەوە و بینییان کە مێشەکان دەکرێت بە ئاسانی جیاوازی بکەن لە نێوان فۆرمی هایدرۆجینی و دتریۆمی ئۆکتانۆل، بەڵام جیاوازی ناکەن لە نێوان هەمان ٢ فۆرمی جیاوازی بینزالدیهاید. بۆ شرۆڤەکردنی ئەوەی مێشەکان هەستی بۆنکردنیان بە کار دەهێنن بۆ ناسینی بەندەکانی دتریۆم، توێژەران تاقیکردنەوەیان لەسەر سیفەتی بازدراوی مێش کرد کە هەڵگری وەرگرەکانی بۆن نییە. وەک چاوەڕوان دەکرا ئەم ئانۆسمیکە (anosmic- لە ئانۆسیماوە دێت، نەتوانایینی بۆنکردن: بارودۆخێک کە لە مرۆڤدا بە هۆی زەڕبەیەکەوە هەستی بۆنکردن نامێنێت، هەندێک فۆرمی جینێتیکیی دەگمەنیش ناسراوە) بازدراوانە بە دڵنیاییەوە ناتوانن جیاوازی بکەن لە نێوان بۆنەکانی هایدرۆجیندار و دتریۆمدار.

بە بەکارهێنانی ڕێکخستنی هەلومەرجی سەگەکەی پاڤلۆڤ، توێژەران تەنانەت توانییان بە بەکارهێنانی فۆرمە دیاریکراوەکانی مادەی کیمیایی لەگەڵ سزادان، مێشەکان فێر بکەن: بەکارهێنانی شۆکێکی کارەبایی هێواش بۆ خۆراکپێدانیان. تیمەکە لە دواییدا توانای ئەوەی پەیدا کرد هەڵسەنگاندنی زۆر بەرچاوتر بۆ تیۆریی لەرینەوە بکەن. ئەوان سەرەتا مێشەکانیان فێر کرد لە بەندی کاربۆن - دتریۆم دوور بکەونەوە، کە سیفەتی لەرینەوەکەی ٦٦ تیراهێرتزە. ئەوان دواتر ویستیان بیدۆزنەوە کە ئایا دەکرێت ئەم دووریکردنە گشتاندنی بۆ بکرێت بۆ پێکهاتەی زۆر جیاوازتر کە هەمان لەرەلەری لەرینەوەیان هەیە. تیمەکە دۆزییانەوە کە مێشە بارهێنراوەکان دووری دەکەن لە بەندی کاربۆن - دتریۆم، هەروەها لە نیتریلیس کە بەندە کاربۆن - نیترۆجینەکەی، سەرەڕای پێکهاتەی کیمیایی جیاواز بە هەمان لەرەلەر دەلەرێتەوە. لێکۆڵینەوەکە پشتگیرییەکی بەهێز بوو لە

بوونی پشکی لەرینەوە لە بۆندا، لانیکەم لە مێشەکاندا و لە جۆرنالّی ئاستبەرزی پیشکەوتنەکانی زانستی ئاکادیمیای نەتەوەیی زانست لە ٢٠١١دا بلاو بووەوە[٣٦].

سالّی دواتر سکولاکیس و تورین لەگەلّ تویژەرانی کۆلیژی زانکۆی لەندەن تیمیکیان دروست کرد بۆ تویژینەوە لەسەر پرسیاری "چۆن مرۆڤ دەتوانیت بەپێی لەرینەوە بۆن بکات؟" لەجیاتیی پشتبەستن بە لووتی هەستیاری تورین بۆ بۆنکردن، تیمەکە ١١ لووتیان بە کار هینا. ئەوان سەرەتا پشتڕاستی ئەنجامی ڤۆسهال و کیلیریان کردەوە: کەسە تاقیکەرەکان نەیاندەتوانی بۆنی بەندەکانی کاربۆن - دتریۆم لە ئاسیتۆفینۆن بکەن. بەلام تیمەکە گومانیان کرد بۆ بەندەکانی تەنها ٨ کاربۆن - هایدرۆجین، سیگنالّەکانی دەرچوو لە دتریۆمییەکان لەوانەیە لاوازتر لەوە بیت بە لووتیکی ئاسایی هەست پێ بکریت، هەر بۆیە بڕیاریان دا مۆلّکیولّی بۆنداری مسکی زۆر ئالّۆزتر بە کار بهینن (هاوشیوەی ئەوانەی وینەی ٥:٢) کە هەلّگری ٢٨ ئەتۆمی هایدرۆجینن، هەموو ئەوانیش دەکریت بە دتریۆم جیی بگیرریتەوە. لەم کاتەدا بە پیچەوانەی تاقیکردنەوەی ئاسیتۆفینۆن، هەموو ١١ کەسەکە توانییان بە ئاسانی جیاوازی بکەن لە نیوان مسکی ئاسایی و بە تەواوەتی دتریۆمی. لەوانەیە مرۆڤەکان لە ڕاستیدا بتوانن ئەو مۆلّکیولانە بۆن بکەن کە لەرەلەرەکەیان جیاوازە.

فیزیاییەکان لووتیک دروست دەکەن

یەکیک لە ڕەخنەکان لە تیۆریی لەرینەوەی کوانتەمی ئەوە بوو کە بنچینەی تیۆرییەکە لیلّە. ئەمە ئیستا لە لایەن تیمیک لە فیزیاییەکانی کۆلیژی زانکۆی لەندەن کە لە ٢٠٠٧دا بە ئامیریکی لووتی (ئەگەر بە

[36] M. I. Franco, L. Turin, A. Mershin and E. M. Skoulakis, "Molecular vibration-sensing component in Drosophila melanogaster olfaction," Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 108: 9 (2011), pp. 3797–802.

شـــایانی ئەم بەراوردەی بزانیـت) هەژمـــارکردنی کـوانتەمی لەســەر تیۆریی تونێللێدان ئەنجـام دا و گەیشـتن بەو ئەنجـامەی کە گونجـاوە لەگەڵ هەردووی بنچینـەی فیزیـایی و لایەنە بینراوەکـانی بـۆن و ئەو وەرگـرەی دەخســتە بەردەسـت کە سـیفەتە گشـتییە دیاریکراوەکـانی هەیە[٣٧].

یەکێک لە تیمەکە، جینی بروکس، تەنانەت هەوڵی دا پرسی وردی مۆلکیـولە وێنە ئاوێنەییەکـانی وەک لیمـۆنین و دیپیتینین (وێنەی ٥:٣) چارەسەر بکات کە هەمان لەرینەوەیە بەلا، بۆنی جیاوازیان هەیە.

لە ڕاستیدا ئەو سەرپەرشتیار و مامۆستا چینییە، واتە کۆچکردوو پرۆفیسۆر مارشال ستۆنیهام (Marshall Stoneham) بوو، کە بۆ یەکەم جـار ئەو مـۆدێلەی پێشـکەش کـرد کە هەنـدێک جـار پێـی دەگوترێت مۆدێلی کارد دەستە (swipe-card model). ستونیهام یەکێک لە فیزیاییە پێشڕەوەکانی نەوەکەی خۆی لە بەریتانیا بوو، بە حەزی پـانوبەرینەوە لە خۆپـارێزیی نـاوکی و بـۆ هەژمـارکردنی کـوانتەمی، بـایۆلۆجی و گونجـاو بۆ ئەم بەشـە، موزیـک: ئەو زوڕنـای فەرەنسیی لێ دەدا، تیۆرییەکەیـان بریتییە لە وردەکارییەکی کوانتەمی لەسەر ئایدیاکانی ڕۆبرت ڕایت (Robert H. Wright) کە هەردووی ڕوخســاری وەرگـری بـۆن و لەرینەوەکـانی بەنـد ڕۆڵێـک لە بۆنـدا دەگێڕن. ئەوان پێشـنیازیان کرد کە تـوورەکەی لکاوی وەرگری بـۆن هاوشـێوەی مەشـینی کـارتی دەسـکە کـار بکـات. کارتەکـانی دەسـکە شــریتێکی مەگنەتیکییـــان هەیە کە دەخـــوێنرێتەوە و تەزوویەکـــی کارەبایی لە ناو مەشینی کارتی دەسکەدا دروست دەکات. بەلام هەر شتێک لە خوێنەری کـارتی دەسـکەدا گونجـاو نییە: کـارتەکە ناچـارە ڕوخسـار و ئەسـتووریی دروسـتی هەبێت و هەروەهـا دەبێت شـریتە

---

[37] J. C. Brookes, F. Hartoutsiou, A. P. Horsfield and A. M. Stoneham, "Could humans recognize odor by phonon assisted tunneling?," Physical Review Letters, vol. 98: 3 (2007),p. 038101.

مەگنەتیکەکە لە شوێنی دروستدا بێت، تەنەنات پێش ئەوەی تۆ بە کاری بهێنیت کە ئایا مەشینەکە دەیانناسێت یان نا. بورک و هاوڕێیەکان پێشنیازیان کرد کە وەرگرەکانی بۆن بەو شێوازە کار بکەن. مۆلکیولێکی بۆن؛ تیمەکە وایان گریمانە کرد مۆلکیولێکی بۆن دەبێت سەرەتا بە شێوەی توورەکەی لکاوی کیرالی چەپە یان ڕاستە گونجاو بێت، وەک چۆن کریدیت کارتێک ڕێک لەگەڵ کارتخوێنەکەدا دەگونجێت. هەر بۆیە بۆنەکان بە هەمان بەند، بەڵام ڕوخساری جیاوازەوە وەک ڤێرژنە چەپدەست یان ڕاستدەستەکەی هەمان مۆلکیوڵ لە لایەن وەرگری جیاوازەوە هەست پێ دەکرێن. تەنها دوای ئەوەی هەر کام لە بۆنەکان لەگەڵ وەرگرە تەواوکەرەکەدا گونجان، ئەو توانایيە دێتە ئاراوە ئەلیکترۆنی لەراوەی هاندراو، پاڵ پێوە بنرێت بۆ ڕووداوی تونێلێدان تا هەستەدەماری وەرگر بکەوێتە کار، بەڵام چونکە مۆلکیولی چەپدەست وەرگرێکی چەپە ئامادە دەکات، دەکرێت بۆنەکەی جیاواز بێت لە مۆلکیولێکی ڕاستە کە وەرگرێکی ڕاستدەست ئامادە دەکات.

ئەگەر ئێمە بگەڕێینەوە بۆ بەراوردکردن بە موزیک و جارێک وەک گیتارێک کە وەک مۆلکیولی بۆن کار دەکات و ژێیەکانی گیتار وەک بەندە مۆلکیولییەکان کە دەبێت بلەرێنرێنەوە، کەوابوو وەرگرەکان لە فۆرمی ئیریک کلاپتن (Clapton) و جیمی هیندریکس (jimi Hendrix) دەبن. هەردووکیان دەکرێت هەمان نۆتی مۆلکیولی لێ بدەن، بەڵام مۆلکیولی ڕاستە یان چەپە بە ناچاری لە لایەن وەرگری ڕاست یان چەپەوە وەردەگیررێن، وەک چۆن گیتارە ڕاستدەستەکان بە ناچاری لە لایەن گیتاریستە ڕاستدەستەکانەوە لێ دەدرێن. بۆیە هەرچەندە لیمۆن و دیپتین هەمان لەرینەوەیان هەیە، لە لایەن وەرگری بۆنی ڕاست یان چەپەوە وەردەگیررێن. وەرگرە جیاوازەکان بە ناوچەی جیاوازی مێشکەوەی دەبەسترێنەوە، هەر بۆیە بۆنی جیاواز هەست پێ دەکەن. ئەم ئاوێتەی ڕوخسار و لەرینەوەی

کوانتەمییە لانیکەم مۆدێلێک دروست دەکات کە بە نزیکەیی گونجاوە لەگەڵ داتا تاقیگەییەکان.

هەڵبەت ئەو ڕاستیەی کە ئەم مۆدێلە لەگەڵ داتادا دەگونجێت، لە خۆیدا ئەوە ناسەلمێنێت کە بنچینەیەکی کوانتەمی بۆ بۆن لەئارادا بێت. داتای تاقیگەیی بەڵگەی بەهێز بۆ هەر تیۆرییەکی بۆن دەخاتە بەردەست کە هەردووی ڕوخسار و لەرینەوە لە خۆ دەگرێت، هیچ تاقیکردنەوەیەک تا ئێستا ئەنجام نەدراوە کە ڕاستەوخۆ دەری بخات تونێللێدان ڕۆڵی لە بۆنکردندا هەیە. بە هەرحاڵ، تا ئێستا لانیکەم تونێللێدانی کوانتەمیی نائیلاستیکیی ئەلیکترۆنەکان تەنها میکانیزمێکە کە لێکدانەوەیەکی بە ڕواڵەت گونجاو بۆ چۆنێتیی هەستپێکردنی لەرینەوە لە مۆلکیولی بۆندا لە لایەن مۆلکیولەکانەوە دەخاتە بەردەست.

بەشی حەیاتی لە مەتەڵی بۆنکردن کە هێشتا ونە، ڕێسای وەرگرەکانی بۆنە. زانینی ئەمە کارمان ئاسانتر دەکاتەوە بۆ ئەوەی وەڵامی پرسیارە کلیدییەکانی وەک چۆنێتیی گونجانی تورەکە لکاوەکان بۆ هەر مۆلکیولێکی بۆن، ئایا مۆلکیولە وێنە ئاوێنەییەکان بۆ هەمان وەرگرن، چی وەرگری مۆلکیولە وەرگرەکان شوێنی ئەلیکترۆنبەخشەر یان وەرگر بن، گونجاون بۆ تونێللێدانی ئەلیکترۆنی نائیلاستیک. هێشتا سەرەڕای ژمارەیەکی زۆر چالاکی لە لایەن گرووپە توێژینەوەکانی بایۆلۆجییەوە لە سەرانسەری جیهاندا، هیچ کەسێک تا ئێستا نەیتوانیوە مۆلکیولەکانی وەرگری بۆن تەریک بکاتەوە و بەو ڕێگەیەی کە لە ئەنزیمەکاندا لێکۆڵینەوە لەسەر میکانیزمی میکانیکیی کوانتەمی دەکرێت، لێکۆڵینەوەی لەسەر بکرێت (بەشی ٣) یان پرۆتینەکانی پیگمەنت لە ڕۆشنەپێکهاتندا (بەشی ٤). پرسەکە بریتییە لەوەی لە دۆخی سروشتیی وەرگری بۆن لە ناو پەردەی خانەدان، کە تۆزێک لە جیلیفیش (Jellyfish) لەسەر ڕووبەری دەریا دەچێت. وەرگرتنی پرۆتینی وەرگر لە پەردە

هاوشێوەی گرتنی جیلیفیشە لە زەریا: بەو جیاوازییەوە ڕوخساری ڕوون نییە. هیچ کەس تا ئێستا ڕێگەیەکی نەدۆزیوەتەوە ڕێسای ئەو پرۆتۆنانە دیاری بکات کە لە ناو پەردەی خانەدان.

هەر بۆیە هەرچەندە گەنگەشەکان دەمێننەوە، تەنها تیۆری کە لێکدانەوە بۆ ئەوەی کە لە مێش و مرۆڤدا چۆن دەکرێت بۆنەکانی بەند لەسەر پێکهاتەی ئاسایی یان دتریۆمی بناسرێنەوە، بەندە لەسەر میکانیزمی میکانیکیی کوانتەمیی تونێللێدانی نائیلاستیکیی ئەلیکترۆنەکان. تاقیکردنەوەی ئەم دواییە پیشان دەدەن هاوشێوەی مرۆڤ و مێشەکان، مێرووەکانی تر تەنانەت ماسی، دەتوانن جیاوازی بکەن لە نێوان بۆنە جیاوازەکانی هایدرۆجین و دتریۆم. ئەگەر بۆنکردنی کوانتەمی لە ناو ئەم مەودا زۆرەی بوونەوەر دۆزرابێتەوە، واتای ئەوەیە زۆر بەرفراوانە. مرۆڤ، مێشی میوە، ماسیی ئانیمۆن و گرووپێکی گەورە لە گیانداران، لەوە دەچێت ئەو توانایییەیان هەبێت ئەلیکترۆنێک لە خاڵێکی فەزاوە بسڕنەوە و هاوکات لە شوێنێکی تر دەری بخەن، ئەوان دەتوانن پەیامێکی لە مادەی ڕاستەقینەوە پێ بگات و خۆراک بدۆزنەوە، یان جووتگیری بکەن- یان تەنانەت ڕێگەی ماڵەوە بدۆزنەوە.

٦

پەپوولە، مێشی میوە و ڕۆبینی کوانتەمی

فرێد ئورکهارت (Fred Urquhart) لە کەنەدا لە ساڵی ١٩١٢دا لە دایک بوو، ئەو خوێندنگەکەی لە پاڵ مرداوێکی دڵڕفێندا بوو. لە ڕێگەی گەڕانەوەی لە خوێندنگە، ماوەیەکی زۆر خەریکی سەیرکردنی مێرووەکان بە گشتی و پەپوولە بە تایبەتی دەبوو کە لەسەر گژوگیایەکان کۆ دەبوونەوە، کاتە تایبەتەکەی ئەو لە ساڵەکەدا سەرەتای هاوین بوو، کاتێک هەزاران پەپوولەی مۆنراش دەردەکەوتن کە هێمای پەپوولەکانی باکووری ئەمەریکان و بە هۆی باڵی پرتەقاڵی و ڕەشەوە ناسراون. مونراش هاوینان دەمێنێتەوە و لە دارە شیلەدارەکان دەخوات و لە پایزدا دووبارە ئەوێ بەجێ دەهێڵێت. پرسیارێک کە بە تایبەتی فرێدی بە خۆیەوە سەرقاڵ کردبوو، بریتی بوو لەوەی ئایا ئەم پەپوولانە بۆ کوێ دەڕۆن؟

وەک سەن پاول دەڵێت، مرۆڤ کاتێک گەورە دەبێت شتەکانی منداڵی بەجێ دەهێڵێت، بەڵام ئەمە بۆ فرێد ڕاست نەبوو، ئەو کە گەورەش بوو هەر بە دوای ئەو پرسیارەدا وێڵ بوو کە پەپوولەی مۆنراش زستان لە کوێیە؟ دوای خوێندنی زیندەوەرناسی لە زانکۆی تۆرنتۆ و لە کۆتاییدا بوون بە پرۆفیسۆر لەو بوارەدا، گەڕایەوە بۆ

پرسیارەکەی سەردەمی منداڵی. لەو کاتەدا ئەو ژیانی هاوبەشی لەگەڵ نۆراپاتیرسۆن، زیندەورناسێکی هاوڕێ و عاشقی پەپۆلەکان پێک هێنا.

بە بەکارهێنانی تەکنیکە کلاسیکییەکانی نیشانەکردنی ئاژەڵان، فرێد و نوورا ئێستا لە هەوڵدا بوون نهێنیی ونبوونی مۆنراشەکان بدۆزنەوە. کە هەڵبەت ئەمە ئاسان نەبوو. لە کاتێکدا بە گرێدانی نیشانەیەک بەپێی ڕۆبین یان کونکردنی کلکەکانی نەهەنگ کارەکە بە باشی بەرەو پێشەوە دەچوو، لکاندنی نیشانەیەک بە پەڕە تەنکەکانی باڵی پەپوولە، کێشەیەکی بە تەواوەتی جیاواز و قورس بوو. تیمی ژنومێرد، تاقییان کردەوە لکاندنی نیشانە بە باڵەکانی مێرووەکانەوە، ناهێڵێت بفڕێت یان نیشانەکە دەکەوێت. تا لە ساڵی ١٩٤٠دا چارەسەریان بۆ دۆزییەوە: لەبیلێکی لکێنەری تەنکیان هاوشێوەی ئەوەی دەدرێت لە شووشەوات، هەڵبژارد. بەم تەکنیکە ئەوان دەستیان کرد بە نیشانەکردن و بەردانی سەدان پەپوولەی مۆنراش، هەر کامیان بە ژمارەیەک دەناسرانەوە و لەگەڵ ئاماژەکردنێک کە لە هەر کوێ دۆزرایەوە، ئەو کەسەی دەیدۆزێتەوە بینێرێتەوە بۆ بەشی زیندەوەرناسی لە زانکۆی تورۆنتۆ.

بەڵام چەندین میلیۆن مۆنراش لە ئەمەریکادا هەبوون و تەنها ٢ کەس هۆگری پەپوولەکانی ئورکوهارت (Urquhart) بوون. هەر بۆیە ئەم دوانە داوای خۆبەخشییان کرد و لە ساڵانی ١٩٥٠کاندا تۆڕێکی هەزاران کەسی لە عاشقانی پەپوولە دروست بوون کە پەپوولەکانیان نیشانە دەکرد و بەرەڵایان دەکردن و دەیانگرتنەوە. بەم شێوەیە سەدان هەزار پەپوولەیان تۆمار دەکرد. لەگەڵ ئەوەی فرێد و نۆرا بە بەردەوامی نەخشەی ڕێچکەی ئەم تۆمارکردوانە و شوێنی بەرەڵاکردنەکەیان تازە دەکردەوە، بەرە بەرە شێوازێک دەرکەوت. پەپوولەکانی دانیشتووی ناوچەی تۆرۆنتۆ بە درێژیی هێڵێکی فڕین تۆمار دەکرێن کە بە پانتایی ویلایەتە یەکگرتووەکانی ئەمەریکا بەرەو

باشــوور و لە بــاکووری ڕۆژهەڵاتەوە بــۆ باشــووری ڕۆژئــاوا لە تێکساســەوە تیــدەپەڕێت. بەڵام ســەرەڕای ژمــارەیەکی زۆر بــواری ســەفرە، لایەنگرەکــانی پەپوولە نەیــانتوانی چارەنووســی ئەم پەپوولە زستانییانە لە ولایەتە باشورییەکانی ئەمەریکا دیاری بکەن.

ســەرئەنجام لایەنگرانــی پەپــوولە ســەیری دوورتــر لە باشــووریان کــرد و لە ســاڵی ١٩٧٢دا نووســراوێکی ســادە و بێئەنجــامی نــۆرا لە ڕۆژنامەکانی مەکسیکۆ سەبارەت بە پرۆژەکەی بڵاو بووەوە و داوای لە کەســانی خــۆبەخش دەکــرد تــا ڕیپــۆرت ســەبارەت بە هەر بینینێــک بنێــرن و یــارمەتیی بــدەن لە دۆزیــنەوەی نیشــانەکراوەکاندا. لە فیبریـــوەریی ســـاڵی ١٩٧٣دا نامەیەکیـــان لە لایەن کیـــنس بێرگـــر (Kenneth C. Brugger) لە شــاری مەکســیکۆوە پێی گەیشــت کە پێشــنیازی دەکــرد یــارمەتیی بــدات. واتە لەگەڵ ســەگەکەی کــۆلا بە ڤــانەکەی بچێــت لە لادێکــانی مەکســیکدا ئێــواران بە دوای پەپــوولەدا بگەڕێــت. ١ ســـاڵ دواتـــر، لە ئـــاپریلی ســـاڵی ١٩٧٤دا، ڕای گەیانــد ژمــارەیەکی زۆر پەپــوولەی لە کێوەکــانی ســیرامادرا لە مەکســیکی ناوەندی بینیوە. ساڵێک دواتر کین هەواڵی نــارد کە ژمــارەیەکی زۆر لاشەی پەپوولەی بە درێژیی جادەکانی سیراس بینیوە. نۆرا و فرێد گەڕاندیانەوە بۆ ئەوەی لەوانەی پۆڕەکــانی باڵندە ژمــارەیەکی زۆر لە مۆنراشەکانیان خواردبێت.

لە ئێــوارەی ڕۆژی ٩ی جـــانیوەریی ١٩٧٥، لـــین تەلەفـــۆنی بـــۆ لایەنگرەکــانی پەپوولە کــرد و بە خۆشــییەوە هەواڵــی نــوێی ڕاگەیانــد: "ئەو کۆڵـۆنییەکەی دۆزیــوەتەوە! میلیونەهــا مــۆنراش- بە ڕوونــی لە داوێنی کێوییەکدان." کین پێی گوتن کە ئەو هەواڵی لە لایەن داربڕە مەکســـیکییەکانەوە پـــێ گەیشـــتووە کە پۆڕگەلێـــک لە پەپـــوولە سـووورەکانیان بە درێژیـی کێوەکە بینیـوە. بە پشـتیوانیی ئەنجـوومەنی نەشـــناڵ جیــوگرافی پــێکەوە ڕۆیشــتن بــۆ ئەوەی مــاڵی شــاراوەی مۆنراشـــەکان بـــدۆزنەوە و تۆمـــاری بـــکەن و لە جـــانیوەریی ١٩٧٦

گەیشتنە مەکسیکۆ. ڕۆژی دواتر ئەوان چوون بۆ گوندێک تا لەوێوە بە "کێوی پەپوولەکاندا" سەربکەون؛ هەڵگەڕانێکی ١٠،٠٠٠ پێیی. وەها هەڵگەڕانێک بەرگەگرتنی بۆ ژنومێردێک کە ئێستا ئیتر تەمەنیان هەڵکشابوو، ئاسان نەبوو (فرێد ٦٤ ساڵ تەمەنی بوو)، ئەوان بە تەواوەتی نیگەران بوون ئایا دەگەن بە لوتکە. بە هەرحاڵ، لەگەڵ توندلێدانی دڵیاندا و بیرکردنەوە سەبارەت بە پەپوولە ڕەنگاوڕەنگە دراوشاوەکانی ژێر خۆرەتاودا، گەیشتن بە لوتکە. بەرزییەک بە دارستانێکی تەنک لە درەختەکانی جونیپێر (Juniper) و هۆلیدا (holly). پەپوولەکان لەوێ نەبوون. هیلاک و ماندوو و دڵتەنگ دابەزینە خوارەوە بۆ گۆڕەپانێکی پڕ لە درەختی ئۆیامیل (Oyamel)، جۆرێک لە درەختی سنەوبەری ناوچەکانی ناوەندی مەکسیک- لەوێ بوو کە فرێد و نۆرا سەرئەنجام دوای نیوتەمەن هەوڵ، ئەوەی دەیانویست بینینیان: ژمارەیەکی زۆر پەپوولە لە هەموو شوێنێکدا لە ئارامیی نیمچەخەوتوودا بە شێوەی تاجەگوڵینە دەوری لقەکانیان دابوو، قەدی ئۆیامیلەکانیان دەورە دابوو، زەوییان لە گرووپی گەورە گەورەدا داپۆشیبوو. لە کاتێکدا ئەوان وەستابوون و سەیریان دەکرد، لقی درەختێک شکا و لێرەدا و لە ناو داروپەردووە ڕووخاوەکاندا، ئەم پەپوولەیەش لە ناو پەپوولەکاندا دۆزرایەوە کە مۆرکە سپییەکەی فرێدی بەسەرەوە بوو: "بینێرەوە بۆ بەشی زیندەناسی، زانکۆی تۆرۆنتۆ." ئەم پەپوولە تایبەتە لە لایەن کەسێکی خۆبەخش بە ناوی جیم گیلبێرت لە گاسکا، مینەسوتا، زیاتر لە ٢٠٠٠ مایل دوورتر مۆر کرابوو[٣٨].

گەشتی پەپوولەی مۆنارش ئێستا بە یەکێک لە مەزنترین کۆچەکانی گیانداران لە سەرانسەری جیهاندا دەناسرێت. لە نێوان سێپتەمبەر بۆ نۆڤامبەری هەموو ساڵێک، چەندین ملیۆن مۆنارش لە

[38] F. A. Urquhart, “Found at last: the monarch’s winter home,” National Geographic, Aug. 1976.

باشووری خۆرهەڵاتی کەنەداوە بەرەو باشووری خۆرئاوا سەردەنێن و چەند هەزار مایل بە ناو بیابان و کوێستان و دەشت و کێڵگەدا دەبڕن و تێپەڕین لە دۆڵی ڕووبارە ساردەکان بە پانیی ٥٠ مایل لە نێوان هەردووی ئیگل پاس و دیل ڕیۆی تیکساس، سەرئەنجام دەگەن بە کێوە بەرزەکانی ناوەڕاستی مەکسیک. سەرئەنجام دوای تێپەڕاندنی زستان لە لوتکەی کێوە دڵڕفێنەکانی مەکسیک، مۆنراش بەهار گەشتی پێچەوانە دەست پێ دەکاتەوە و هاوین دەگەنەوە بە زەویــیە پڕخواردنەکــان. ســەرنجڕاکێش ئەوەیە هــیچ پەپــوولەیەک گەشــتەکە تەواو ناکــات، ئەوانەی دەگەڕێــنەوە بێچــووی ئەوانەن کە سەرەتا کەنەدایان بەجێ هێشتبوو.

چۆن ئەم مێروانە ئەم گەشتە بە وردییەوە دەکەن و دەگەن بە شوێنێک کە هەزاران مایل لە سەرچاوەی گەشتەکەوە دوورە و تەنها پێشینانیان بینیویەتی؟ ئەمەش یەکێکی ترە لە نهێنییە گەورەکانی سروشــت، تەنهــا ئێســتا هەوڵ دەدرێــت پەردە لەســەری لا ببرێــت. هاوشێوەی هەموو ئاژەڵە کۆچبەرەکان، پەپوولە هەستی جۆراجۆری بینــین و بــۆنکردن بە کــار دەهێنێــت، لەگەڵ بزۆکەیەکــی خــۆری کە دەکرێت بە دروستی لە ماوەی ڕۆژدا لەگەڵ جووڵەی خۆر لە ماوەی ڕۆژدا بە ڕێگەی کاتژمێرێکی شەو و ڕۆژی ناوەوەیی، شوێنەکەی بگۆڕێت، پرۆسەی بایۆکیمیایی لە هەموو ئاژەڵ و ڕووەکەکان کە لە مــاوەی ٢٤ ســەعاتدا ســوورێک دەخــۆن و ســووڕی شــەو و ڕۆژ دروست دەکەن.

سەعاتە شەو و ڕۆژییەکانی سیرکادیەن وەک سەرچاوەی هەستی ماندوویەتی لە شەودا و سەرزیندەیی بەیانیان، هەروەها ئەزیەتدانمان بە هۆی تێکچوونی نەزمی کاتەکانمانەوە لە سەفەرێکی دووردرێژی ئاسمانیدا لە لای ئێمە ناسراون. ئەم ژنومێردە بۆ ماوەی دەیان ساڵ زنجیــرەیەک دۆزینەوەیــان ســەبارەت بە چــۆنێتیی کارکردنەکەیــان دۆزیــیەوە. یەکێــک لە شــتە سەرســووڕهێنەرەکان بریتــی بــوو لە

دۆزیــــنەوەی ئەو بـــابەتەی کە تەنـــانەت لە بـــارودۆخی ڕوونـــاکیی بەردەوامـدا ئەوان هێشـتا بە نزیکەیـی سـووڕی چـالاکی ٢٤ سـەعاتی خۆیان دەهێڵنەوە، سەرەڕای ئەوەی هیچ ئاماژەیەکی دەرەکی لەئارادا نییە. وادیارە کاتژمێرەکەی لەشمان، کاتژمێرە شـەو و ڕۆژییەکەمـان بە ڕەقەئـامێر کـراوە. ئەم کـاتژمێرە، ئەم ڕێکـخەرەی لەش یـان ئەم هەستییە کاتژمێرییە، لە ڕژێنەی هیپۆسالاموسـدا لە ژێر مێشـکدا دفن بووە. بەڵام هەرچەندە خەڵک لە بارودۆخی نەگۆڕی ڕووناکیدا هێشـتا بە نزیکەیـی دەســت بە ســووڕی ٢٤ ســەعاتیی خـۆیەوە دەگرێـت، کـاتژمێری زیندەناسـییان بەرە بەرە لە کـاتی ڕاسـتەقینەی ڕۆژ دوور دەکەوێــتەوە. هەر بــۆیە خولەکەکــانی خەوتــن و بەخەبەربــوونی هاوئاهەنـگ لەگەڵ کەسـانی دەرەوەی لێکـۆڵینەوەکە نابێـت. هەر بـۆیە کاتێک دەکەوێتە بەر ڕووناکیی سروشـتی، کـاتژمێری لەش بە زوویـی دەگەڕێتەوە بـۆ سـووڕی تاریـک و ڕوون، ئەم پرۆسـەیە ناسـراوە بە ئینترینمێنت (entrainment).

بزۆکەی خۆری پەپوولە بەپێی بەرزیی خۆر لە کاتەکانی ڕۆژ کـار دەکـات- پەیوەنـدییەک کە بەنـدە لەسـەر پـانی و درێژیـی جیـوگرافی. لێرەدا دەبێت کاتژمێرێکی جەسـتەش هەبێت وەک ئەوەی ئێمە هەمـانە و بە شێوەی ئۆتۆماتیکی لە مـاوەی گەشـتێکی دووردوودرێژدا کە کـاتی هەڵهـاتن و ئـاوابوونی خـۆر دەگۆڕێـت و بە ڕوونـاکی خـۆی ڕێـک دەخاتەوە. بەڵام ئایا مۆنراش لە کوێ هەست بە شەو و ڕۆژ دەکات؟

هەروەک ئورکوهارتەکان بینییان، پەپوولەکان ئاسانترین زینـدەوەر بـۆ کـارکردن نـین؛ مێشـی میـوە، درۆزۆفـیلا (Drosophila)، کە لە بەشـی بۆنکردنـدا و لە ڕێچکەیەکـی مازیـدا (Maze) بەرکەوتنمـان لەگەڵی هەبوو، زیندەوەرێکی تـاقیگەیی زۆر گونجـاوترە و بە خێرایـی زاوزێ دەکــات و دەکرێــت بە ئاســانی بــازدانی جینێتیکــی بــدات. هاوشێوەی ئێمە مێشـەکانی میوەش ڕیتمە کاتژمێرەکەی لەشیان بـۆ سـووڕی تاریـک و ڕوون ڕێـک دەخەن. لە سـاڵی ١٩٨٨دا زانایـانی

جینێتیک بینییان کە بازدانی مێشی میوە کە ڕیتمێکی شەو و ڕۆژی هەیە، ناکرێت بە بەرکەوتنی ڕووناکی بگۆڕرێت.[39]

ئەوان بینییان کە بازادان لە جینێکدا ڕووی داوە کە پرۆتینێکی چاو بە ناوی کریپتۆکرۆم بە کۆد دەکات، زۆرتر وەک پرۆتینی تەختەبەست لە ئاوێتەی فۆتوسەنتز کە مۆلکیولەکانی کلرۆفیل پێکەوە دەهێڵێتەوە (وەک لە بەشی ٤دا بینیمان). پرۆتینی کریپتۆکرۆم بە دەوری مۆلکیولێکی ڕەنگ ناسراوە بە فاد (FAD) (flavin adenine dinucleotide) پێچراوە، کە ڕووناکیی شین هەڵدەمژێت. ڕێک وەک ڕۆشنەپێکهاتن ڕووناکیی هەڵمژراو ئەلیکترۆنێک لە خانەی ڕەنگییەوە فڕێ دەداتە دەرەوە، کە دەگات بە دروستبوونی سیگنالێک کە دەڕوات بەرەو مێشکی مێشەکە تا کاتژمێرەکەی جەستەی بەپێی سووڕی شەو و ڕۆژ ڕێک بخات. مێشە بازدراوەکان کە لە ساڵی ١٩٩٨دا دۆزرانەوە، پرۆتینەکەیان لە دەست دابوو، هەر بۆیە کاتژمێرەکەی جەستەیان ئیتر بەپێی گۆڕانی دووبارەوەبوو لە نێوان تاریک و ڕوون ڕێک ناخرێت: ئەوان هەستی شەو و ڕۆژ (circadian sense) لە دەست دەدەن.

بە هاوشێوەیی، کریپتۆکرۆمی ڕەنگدانەیی دواتر لە چاوی زۆر لە گیانلەبەرانی تر، بە مرۆڤیشەوە، دۆزرانەوە، تەنانەت لە ڕووەک و میکرۆبە ڕۆشنەپێکهاتنەکان، کە ئەوان یارمەتیی پێشبینیی باشترین کات بۆ ڕۆشنەپێکهاتن دەدەن. ئەوان لەوانەیە پیشاندەری هەستێکی دەرخستنی ڕووناکیی زۆر کۆن لە ناو میکرۆبەکاندا بن، کە هەموو چالاکییەکانی خانەیان بەگوێرەی ڕیتمی ڕۆژانە ڕێک خستووە.

هەروەها کریپتۆکرۆم لە ناو شاخی پەپوولەکانی مۆنارشیش دۆزراوەتەوە. ئەمە مەتەڵە سەرەتاییەکەیە: ڕەنگدانەوەی چاو لە ناو

---

[39] 2R. Stanewsky, M. Kaneko, P. Emery, B. Beretta, K. Wager-Smith, S. A. Kay, M. Rosbash and J. C. Hall, "The cryb mutation identifies cryptochrome as a circadian photoreceptor in Drosophila," Cell, vol. 95: 5 (1998), pp. 681–92.

ئانتێنی پیگمێنت چی دەکات؟ جگە لەوەی شاخی مێروو بە ڕاستی ئامێرێکی سەرسووڕهێنەرە و شوێنی چەندین هەستە، بە هەستی بۆنکردن و بیستنیشەوە، هەستکردن بە پەستانی هەوا و تەنانەت کێشکردنەوە. ئایا دەکرێت شوێنی هەستی شەو و ڕۆژی مێرووەکانیش بێت؟ بۆ هەڵسەنگاندنی ئەم گریمانەیە، زانایان شاخی هەندێک پەپوولەیان ڕەش کرد بۆ ئەوەی سیگناڵەکانی ڕووناکیی پێ نەگات. ئەوەی ئەوان بینییان بریتی بوو لەوەی ئەو پەپوولانەی شاخەکانیان ڕەش کراوە، ئیتر بە گۆڕانی خۆر و سووڕی شەو و ڕۆژ هەستیار نین: ئەوان هەستی شەو و ڕۆژیان لە دەست دابوو. هەر بۆیە ئالێری شاخی پەپوولە لەوە دەچێت شوێنی کاتژمێری زیندەناسی (بایۆلۆجی) بێت. ئەوەی سەرنجڕاکێشە، کاتژمێری ناو ئالێری پەپوولە دەکرێت بە ڕووناکی هەستیار بێت، تەنانەت کاتێکیش کە لە لەشی مێرووەکە جیا کرابێتەوە.

ئایا کریپتۆکرۆم بەرپرسە لە وەڵامدانەوەی مۆنراش بە ڕووناکی؟ بە داخەوە ئاسان نییە وەک مێشی میوە بازدانی جینێتیکی بە پەپوولە بکرێت، بۆیە لە ساڵی ٢٠٠٨دا ستیڤین ڕیپیرت و هاوکارەکانی لە زانکۆی ماساچوسێت، باشترین کاریان ئەنجام دا: تیمەکە جینە نوقسانە کریپتۆکرۆمییەکەی مێشی میوەیان بە جینێکی سەلامەتی پەپوولەی مۆنراش گۆڕیی و پیشانیان دا کە توانای فڕین بە هەستیاریی شەو و ڕۆژ تێیاندا پاشەکەوت بووە[40]. ئەگەر کریپتۆکرۆمی پەپوولە توانای کات دەبەخشێت بە مێشی میوە، کەوابوو ئەویش دەتوانێت بە نزیکەیی هەمان ڕێگە لە تۆرۆنتۆوە بەرەو مەکسیک بەبێ ونبوون ببڕێت.

---

[40] H. Zhu, I. Sauman, Q. Yuan, A. Casselman, M. Emery-Le, P. Emery and S. M. Reppert, "Cryptochromes define a novel circadian clock mechanism in monarch butterflies that may underlie sun compass navigation," PLOS Biology, vol. 6: 1 (2008), e4.

بەڵام ئەی میکانیکیی کوانتەمی لێرەدا چی دەکات؟ بۆ وڵامدانەوە ناچارین ئاوڕ بدەینەوە لە لایەنێکی تری کۆچی زیندەورەان، بەم هەستە دەگوترێت هەستی موگناتیسی (magnetoreception)- توانایی هەستکردن بە بواری موگناتیسیی زەوی. لە بەشی ١وە دەزانین، زۆر لە زیندەوەرەکان، بە مێشی میوە و پەپوولەشەوە، هەڵگری ئەم توانایییەن و هەستکردن بە موگناتیسیی زەوی لە لایەن ڕۆبینەوە وەک ڕاگەیاندنی زیندەناسیی کوانتەمی وا بوو. لە ساڵی ٢٠٠٨دا ڕوون بوو هەستی موگناتیسیی ڕۆبین ڕووناکییش لە خۆ دەگرێت (دواتر زۆرتر باسی دەکەین!) بەڵام تێگەیشتن لە سروشتی وەرگری ڕووناکی قورسە. ستیڤن ڕیپیرت سەری سووڕمابوو لەوەی کە کریپتۆکرۆم فرین بە هەستی ڕووناکی دەخاتە بەردەست، دەکرێت هەستی موگناتیسییش لە خۆ بگرێت. بۆ تاقیکردنەوەی تیۆرییەکەی، جۆرێک تاقیکردنەوەی کەناڵەکەشی هاوشێوەی ئەوەی گابریەل گرلاخ بۆ شرۆڤەی گەشتی دەریایی بە ڕێگەی بۆنی ماسییەکانی کلاون ئەنجامی دابوو، دیزاین کرد (بەشی ٥)، لەودا گیاندارە تاقیکردنەوە لەسەر کراوەکە ناچار دەبێت یەکێک لە ٢ ڕێچکەکە بەرەو خۆراک هەڵبژێرێت.

توێژەران دۆزییانەوە کە مێشەکان دەکرێت بە خەڵاتی شەکر لە بوونی بوارێکی موگناتیسیدا خەڵات بکرێن. کاتێک بەربژاری ڕێچکەی موگناتیسی و ناموگناتیسی (بەبێ خۆراک، هەروەها بەبێ ڕێنمایی بۆن)، ئەوان ڕێچکە موگناتیسییەکەیان هەڵدەبژارد. مێشەکان دەبێت هەستی بواری موگناتیسییان هەبێت. هەر بۆیە ئایا ئەوان دەبێت کریپتۆکرۆمیان لە خۆ گرتبێت؟ توێژەران بینییان کە مێشی میوە بە شێوەی ئەندازیاریی بازدراوە جینێتیکییەکانیش، کە خاوەنی کریپتۆکرۆم نین، بە نزیکەیی بە یەکسانی بە هەمان ڕێچکەدا دەڕۆن، کە پێشتر هەستی موگناتیسییان هەبوو و پێیدا دەڕۆیشتن.

له باسـه زانسـتییەکەیاندا، گرووپـی ڕیپیـرت هەروەهـا ڕوونیـان کردبـووەوە کە مێشـەکان هەسـتی موگناتیسـیی خۆیـان دەهێڵـنەوە، کاتێـک جینـی کریپتۆکرۆمەکەیـان بە جینـی کریپتـۆکرۆمی مـۆنراش دەگۆڕرێـت- کە پیشـاندەری ئەوەیە پەپـوولەی مـۆنراش لەوانەیە کرپتـۆکرۆم بـۆ هەسـتکردنی بە بـواری موگناتیسـیی زەوی بە کـار بهێنێت[41]. لە ڕاسـتیدا باسـێکی زانسـتی لە لایەن هەمـان گـرووپەوە لە سـاڵی ٢٠١٤دا پیشـانی دەدا، هاوشـێوەی ڕۆبینـی ئەورووپـی، کە لە بەشی ١دا باسمان کرد، پەپوولەی مۆنراش هەڵگری بزۆکەی لادانی بـواری موگناتیسـییە کە سـەربەخۆ لە ڕوونـاکی بـۆ دۆزیـنەوەی ڕێچکەکەی لە دەریاچە مەزنەکانەوە بۆ لوتکەی کێوەکانی مەکسیک بە کاری دەهێنێت و لەوە دەچێت لە ناوی ئالیرەکانی شاخەکەیدا بێت[42].

بەڵام ئێسـتا چـۆن ڕەنگـدانەیەکی ڕوونـاکیی بـواری موگناتیسـی نەبینـراو هەسـت پـێ دەکـات؟ بـۆ وەڵامـدانەوەی ئەم پرسـیارە، ئـێمە ناچارین بگەڕێینەوە بۆ ڕۆبینی ئەورووپی.

بزۆکەی باڵندە

وەک لە بەشـی ١دا ئاماژەمـان پـێ دا، هەسـارەکەمان هەڵگـری مەگنەتیکێکـی گەورەیە بە بـوارێکی موگناتیسـییەوە کە لە کرۆکـی نـاوەوە بەرەو فەزا بۆ هەزاران مایل دەکشێت. بەم بڵقە موگناتیسـییە دەگوترێـت "گـۆی موگناتیسـی" و پارێزگـاری لە ژیـان لەسـەر زەوی دەکات، چونکە بەبێ ئەو بای خۆر - لێشاوێک لە تەنۆلکەی پڕوزە، کە لە خۆرەوە دەردەچـن - زۆر لەمێژە بەرگەهەواکەمـانی لە نـاو دەبـرد. هەروەهـا بە پـێچەوانەی شـووڵە موگناتیسـییە هەمیشـەییەکانەوە،

---

[41] .S. M. Reppert, R. J. Gegear and C. Merlin, "Navigational mechanisms of migrating monarch butterflies," Trends in Neurosciences, vol. 33: 9 (2010), pp. 399–406.

[42] P. A. Guerra, R. J. Gegear and S. M. Reppert, "A magnetic compass aids monarchbutterfly migration," Nature Communications, vol. 5: 4164 (2014), pp. 1–8.

موگناتیسی زەوی چونکە سەرچاوەکەی کرۆکی ئاسنینی تەواوەی زەوییە، بەپێی کات دەگۆڕرێت. سەرچاوەی وردی موگناتیسی زەوی ئاڵۆزە، بەڵام وا بیر دەکرێتەوە کە بە هۆی کاریگەریی جیۆداینامیکە کە تەزووی کارەبایی بە هۆی سووڕانەوەی کانزا شلەکان لە ناو کرۆکی زەوی دروست دەبێت و ئەمەش دەبێت بە هۆی دروستبوونی بواری موگناتیسی.

هەر بۆیە ژیان لەسەر زەوی قەرزداری ئەم تویێ پارێزەرە موگناتیسییەیە. بەڵام سوودەکەی بۆ بوونەوەرە زیندووەکان لێرەدا کۆتایی نایەت؛ زانایان بۆ ماوەی زیاتر لە ١ سەدە دەیانزانی هەندێک لە جۆرەکانی بوونەوەر بۆ بەکارهێنانی ئەمە بە ڕێگەیەکی زیرەکانە پەرەیان سەندووە. وەک چۆن مرۆڤە کەشتیوانەکان بۆ هەزاران ساڵ بۆ کەشتیوانی لە زەریاکاندا بە کاریان هێناوە، زۆر لە شیردەرە دەریایی و وشکەکییەکان، باڵندەکان (وەک ڕۆبینەکەی خۆمان) و مێرووەکان لە ماوەی ملیۆنەها ساڵدا بۆ سوودوەرگرتن لە بواری موگناتیسیی زەوی و بەکارهێنانی بۆ گەشتکردن، هەستێکیان پەرەی سەندووە.

سەرەتاییترین بەڵگە سەبارەت بەم توانایییە لە لایەن زیندەوەرناسی ڕووسی، ئالیکساندەر ڤۆن میدندۆرفەوە (١٨١٥ – ١٨٩٤)، کە ڕۆژ و شوێنی چەندین جۆری باڵندەی کۆچەریی تۆمار کردووە. لەسەر بنچینەی ئەم داتایانە ژمارەیەک چەماوەی لەسەر نەخشەیەک کێشا، کە ناوی نابوو ئایزیپیپتیسیس (isepipteses) (هێڵەکانی گەیشتنی هاوکات). لێرەوە، کە باسی ئاڕاستەی گەشتی باڵندەکانی دەکرد، ئەو گەیشت بەو ئەنجامەی "کە ئاڕاستەگیرییەکی گشتی بەرەو باکوور" بەرەو جەمسەری موگناتیسیی زەوی هەیە. کاتێک ئەو دۆزینەوەکانی لە ساڵانی ١٨٥٠کاندا بڵاو کردەوە، ڕای وابوو کە باڵندە کۆچەرییەکان ئاڕاستەی خۆیان لەگەڵ بواری

موگناتیسیی زەوی ڕێک دەخەن و ناوی نا "کەشتیوانی لە هەودا" کە دەکرێت سەرەڕای بوونی با، هەوا، شەو یان هەور "گەشت بکەن"[٤٣].

زۆرترینی زیندوەرناسەکانی تر گومانیان هەبوو. بە شێوەی پارادۆکسی، تەنانەت ئەو زانایانەی کە ئامادە بوون بیرۆکەی زۆر خەیاڵی و زڕەزانستیی هاوشێوەی چالاکیی پارانۆرمال - زۆر زانای هەڵکەوتوو و ناودار لە سەدەی ١٩دا هەبوون کە بەو جۆرە بوون - نەیاندەتوانی پەسەندی بکەن کە بواری موگناتیسی دەکرێت کاریگەریی لەسەر ژیان هەبێت. بۆ نموونە جۆسیف جاسترۆ (Joseph Jastrow) فیزیۆلۆجستێکی ئەمەریکایی و توێژەری دەروونی، لە جولایی ١٨٨٦دا نامەیەکی لە جۆرنالی ساینسدا لەژێر ناونیشانی "بوونی هەستی موگناتیسی" بڵاو کردەوە. ئەو هەندێک تاقیکردنەوەی باس کردووە، بۆ ئەوەی بزانێت مرۆڤ دەکەوێتە ژێر کاریگەریی بواری موگناتیسی یان نا، بەڵام ناچار بووە جەخت بکاتەوە کە هیچ هەستیارییەکی نەدۆزیوەتەوە.

هێشتا ئەگەر حەزت لێیە زۆر لە جاستراو لە سەدەی ١٩ بچیتە پێشتر، دەگەیت بە کارەکانی هێنری یایگەلی، فیزیاییەکی ئەمەریکایی کە توێژینەوەی بۆ بونیادەکانی سوپای ئەمەریکا سەبارەت بە سیگناڵ لە جەنگی جیهانیی دووەمدا دەکرد. کۆچی باڵندەکان حەزی زۆری سەربازیی لەسەر بوو، چونکە گەڕانەوەی کۆترەکان بۆ هێلانە دەکرا بۆ ناردنی پەیام بە کار بهێنرێت و ئەندازیاریانی ئاسمانی هیوادار بوون لەم توانایی گەشتە شت فێر ببن. هێشتا ئەوەی چۆن باڵندەکان ڕێگەی ماڵەوە دەدۆزنەوە، وەک نهێنییەک مابووەوە. یاگلی پەرەی بە تیۆرییەک دا کە کۆترە ماڵییەکان دەکرێت هەڵگری هەستێک بن، کە هەست بە بوونی هەردووی خولانەوەی زەوی و بوارە

---

[43] A. T. von Middendorf, *Die Isepiptesen Russlands Grundlagen zur Erforschung der Zugzeiten und Zugrichtungen der Vögel Russlands* (St. Petersburg, 1853)

موگناتیسییەکەی بکات. ئەو وای دادەنا تۆڕێکی گەشت لە مێشکی باڵندەکەدا هەیە کە هەڵگری هەردووی پانی و درێژیی جیوگرافییە. ئەو تەنانەت تیۆرییەکەی بە بەستنەوەی موگناتیسی بچووک بە باڵەکانی ١٠ کۆتر پارچەی بچووکی ناموگناتیسیی مس بە هەمان کێش بە ١٠ی ترەوە، تاقی کردەوە. ٨ لەو ١٠ باڵندەیەی کە پارچەی مس بە پێیانەوە بەسترابووەوە، ڕێگەی ماڵەوەیان دۆزییەوە، بەڵام تەنها یەکێک لەو ١٠ باڵندەیەی کە موگناتیس بە باڵەکانیانەوە بوو گەڕانەوە بۆ هێلانەکەیان. یاگلی گەیشت بەو ئەنجامەی کە کۆترەکان هەڵگری هەستی موگناتیسین بۆ گەشتکردن، کە دەکرێت بە هۆی پارچە بچووکە موگناتیسییەکانەوە تێک بچێت[٤٤].

هەرچەندە ئەنجامی تاقیکردنەوەکانی یاگلی تەقریبەن سەرەتا بە دوور دادەنرا، چەندین توێژەر گومانیان نەما، کە ڕێنجێکی بەرفراوان لە ئاژەڵان هەڵگری هەستی زاتیی موگناتیسیی زەوین، کە توانای دۆزینەوەی ئاڕاستەیان دەداتێ. بۆ نموونە کیسەڵە دەریاییەکان توانای گەڕانەوەیان هەیە بگەڕێنەوە بۆ هەمان کەناریی زاوزێ، کە هەزاران کیلۆمەتر دوورە لەو شوێنە زەریاییەی لێی دەژین و خۆراکی لێ دەخۆن، بەبێ ئەوەی بتوانن بە چاو بیبینین، هەروەها توێژەران پیشانیان داوە کە هەستی دەریاوانییان ئەگەر موگناتیسی بەهێز بەسەریانەوە ببەسترێت، زیانی پێ دەگات. لە ساڵی ١٩٩٧دا تیمێک لە زانکۆی ئاوکلاند لە نیوزلاند توێژینەوەیەکیان لە نەیچەر بڵاو کردەوە و پێشنیازیان کرد کە کیسەڵی ڕاینباو دەبێت هەڵگری خانەی وەرگری موگناتیسی لەسەر لووتی بێت.

ئەگەر بسەلمێت ئەمە ڕاستە، دەبێت بە یەکەمین نموونە کە توانای بۆنکردنی ئاڕاستەی بواری موگناتیسییان هەیە! میکرۆبەکان بواری

---

[44] H. L. Yeagley and F. C. Whitmore, "A preliminary study of a physical basis of bird navigation," Journal of Applied Physics, vol. 18: 1035 (1947).

موگناتیسیی زەوی[٤٥] بە کار دەهێنن بۆ ئەوەی یارمەتییان بدات لە ناو ئاوە لێڵەکانەوە تێبپەڕن؛ تەنانەت ئەو زیندەوەرانەی گەشت ناکەن، وەک ڕووەکەکان، لەوە دەچێت هەڵگری هەستی موگناتیسی بن.

توانایی ئاژەڵان بۆ هەستکردن بە بواری موگناتیسیی زەوی ئیتر گومانی تێدا نییە. ئەوەی ئەمان ئەم کارە چۆن ئەنجام دەدەن نهێنییە، چونکە بواری موگناتیسیی زەوی بە ڕادەیەکی زۆر لاوازە و بە شێوەی ئاسایی چاوەڕێ ناکرێت کاریگەری لەسەر هەر کارلێکێکی کیمیایی لەش دابنێت. ٢ تیۆریی بنەڕەتی لەئارادایە و هەردووکیان لە جۆرە جیاوازەکانی گیاندارانددا بە کار دێن. یەکەم بریتییە لەوەی کە کارکردنی هەستەکە هاوشێوەی بزۆکەیەکی موگناتیسیی ئاساییە، لە کاتێکدا دووەم بریتییە لەوەی هەستی موگناتیسی وەک بزۆکەیەکی کیمیایی کار دەکات.

یەکەم ئایدیا، کە وای دادەنێت میکانیزمی بزۆکەی ئاسایی، بە شێوەیەک لە شێوەکان لە ناو لەشی ئاژەڵەکەدا هەیە، پشت دەبەستێت بە دۆزینەوەی موگناتیسی کریستاڵی، کە بە شێوەی ئاسایی پێک هاتووە لە خاوەکانی ئۆکسایدی ئاسن، لە ناو لەشی بەشێکی زۆر لە ئاژەڵان و میکرۆبەکاندا کە وا دیارە هەڵگری هەندێک هەستی موگناتیسی بێت. بۆ نموونە باکتریاکان کە هەستی موگناتیسی بۆ دۆزینەوەی ئاڕاستە لە ناو قوڕولیتەدا بە کار دەهێنن، زۆر جار پڕن لەم کریستاڵە تۆپەکییە موگناتیسییانە.

لە ساڵانی دواتری ١٩٧٠کاندا، موگناتیس لە ناو لەشی جۆرە جیاوازەکانی گیاندارانددا دۆزرایەوە کە بەوە ناسراون لە بواری موگناتیسیی زەوی بۆ گەشتکردن سوود وەردەگرن. سەرنجڕاکێشە،

[45] M. M. Walker, C. E. Diebel, C. V. Haugh, P. M. Pankhurst, J. C. Montgomery and C. R. Green, "Structure and function of the vertebrate magnetic sense," Nature, vol. 390: 6658 (1997), pp. 371–6.

وا دەردەکەوێت هەستەدەمار لە دەنووکی سەرەوەی کۆتری ماڵی، واتە بەناوبانگترین باڵندەی ئاڕاستەدۆزرەوە، دۆزرابێتەوە[٤٦].

کە پێشنیاز دەکات ئەم هەستەدەمارانە بەرپرسن لە وەرگرتنی سیگناڵە موگناتیسییەکان و گواستنەوەی ئەم نیشانانە بۆ مێشک. دواین توێژینەوەکان دەریان خستووە کاتێک موگناتیسێکی بچووک بلکێنرێت بە دەنووکی سەرەوەی، واتە شوێنێک کە هەستەدەمارەکانی موگناتیسی لێیە، کۆترەکان ئاڕاستەکەیان ون دەکەن و توانای دۆزینەوەی ڕێچکەکەیان لە دەست دەدەن[٤٧]، کە لەوە دەچێت سەرچاوەی هەستی هەستپێکردنی موگناتیسی لە کۆتاییدا لەوێ بێت.

بە هەرحاڵ، لە ٢٠١٢دا نەخشەیەکی پانوبەرین کێشرا، ئەویش کاتێک باسێکی زانستیی تر لە جۆرناڵی نەیچەردا بڵاو بووەوە و هەڵگری لێکۆڵینەوەی سێرەهەندیی دەنووکی کۆتر بە بەکارهێنانی سکانەری MRI بوو، کە پیشانی دەدا ئەو خانە موگناتیسییانە بە دڵنیاییەوە هیچ شتێک بۆ هەستی موگناتیسی ئەنجام نادەن، بەڵام لە ڕاستیدا خانە تێر لە ئاسنەکان کە ناسراون بە بە ماکرۆفاج و لە ناو سیستەمی بەرگریی کۆتردان و پێشتر نەناسرابوون، هەڵگری هەستی موگناتیسین[٤٨].

لەم خاڵەدا بوو کە ئێمە کاتژمێرەکانمان ڕێک خستەوە و گەڕاینەوە بۆ باڵندەناسی بەناوبگی ئەڵمانی، وەڵفگانگ ویلیتشکۆ (Wolfgang Wiltschko)، کە یەکەم جار لە بەشی ١دا باسمان

[46] M. Hanzlik, C. Heunemann, E. Holtkamp-Rotzler, M. Winklhofer, N. Petersen and G. Fleissner, "Superparamagnetic magnetite in the upper beak tissue of homing pigeons," Biometals, vol. 13: 4 (2000), pp. 325–31.

[47] C. V. Mora, M. Davison, J. M. Wild and M. M. Walker, "Magnetoreception and its trigeminal mediation in the homing pigeon," Nature, vol. 432 (2004), pp. 508–11.

[48] C. Treiber, M. Salzer, J. Riegler, N. Edelman, C. Sugar, M. Breuss, P. Pichler, H. Cadiou,M. Saunders, M. Lythgoe, J. Shaw and D. A. Keays, "Clusters of iron-rich cells in the upperbeak of pigeons are macrophages not magnetosensitive neurons," Nature, vol. 484 (2012), pp. 367–70

کرد. ویلیتیشکۆ حەزەکانی بۆ گەشتی باڵندە دەگەڕێتەوە بۆ ساڵی ۱۹٥۷، کە پەیوەست بوو بە گرووپێکی توێژینەوە بە ڕێبەڕایەتیی فریتز مێرکێل لە فرانکفۆرت. میرکل بریتی بوو لە یەکێک لەو چەند زانایەی لەو کاتەدا کاریان لەسەر هەستی ئاژەڵان دەکرد. یەکێک لە خوێندکارەکانی، بە ناوی هانس فرۆمە (Hans Fromme)، پێشتر پێشنانی دابوو کە هەندێک لە باڵندەکان لە ناو ژووری داخراوی بێتایبەتمەندیی ئاراستە بۆ خۆیان دروست بکەن، کە دەیسەلماند توانای گەشتکردن بەند نییە لەسەر هەستی بینینی باڵندەکە. فرۆمە ۲ میکانیزمی مومکینی پێشنیاز کرد: هەر کام لە باڵندەکان هەندێک سەرچاوەی سیگناڵی ڕادیۆیان لە ئەستێرەکانەوە پێ دەگات، یان ئەوان هەست بە بواری موگناتیسیی زەوی دەکەن. وەڵفگانگ ویلتیشکۆ ئەمەی دواتر پێشنیاز کرد.

لە پایزی ساڵی ۱۹٦۳دا ویلتیشکۆ دەستی بە ئەنجامدانی تاقیکردنەوە لەسەر ڕۆبینی ئەورووپی کرد، کە لەوانەیە لە بیرت بێت بە شێوەی ئاسایی لە نێوان باکووری ئەورووپا و باکووری ئەفریقا گەشت دەکەن. ئەو ڕۆبینەکانی لە نیوەڕێگەی کۆچەکەدا دەگرت و لە ناو ژووری پارێزراو لە بواری موگناتیسی، حەپس دەکرد، لە دواییدا بوارێکی لاواز و دەسکرد و جێگیری موگناتیسیی لێ دا بە کۆیلێکی هیلمهۆلتز، کە دەکرا لاسایی بواری موگناتیسیی زەوی بکاتەوە بەڵام توندی و ئاراستەکەی دەکرا بگۆڕرێت. ئەوەی ئەو دۆزییەوە، بریتی بوو لەوەی کە باڵندە گیراوەکان لە کاتی کۆچی پایزە و بەهارەدا، نائارام دەبن و لەو لایەی ژوورەکەدا کە گونجاوە، لەگەڵ ئاراستەی ڕێژەیی بوارە دەسکردەکە کۆ دەبنەوە. دوای ۲ ساڵ چالاکیی ورد، دۆزینەوەکانی لە ساڵی ۱۹٦٥دا بڵاو کردەوە، کە ڕوونی کردبووەوە باڵندەکان بە ئاراستەی بواری موگناتیسیی بەکارهێنراو هەستیارن، ئەو وای دانا دەکرێت بە هاوشێوەیی، بواری موگناتیسیی زەوییش هەست پێ بکەن.

ئەم تـاقیکردنەوانە پـلەیەک گرنگیـی ئایـدیای هەسـتی موگناتیسـیی باڵندەی بەرز کردەوە و چەخماخەی توێژینەوەکانی داهـاتووی لـێ دا. بەڵام لەو کـاتەدا کەس ئایـدیایەکی وردی نەبـوو کە ئەم هەسـتە چۆن کـار دەکـات- چـۆن بواری زۆر لاوازی موگناتیسـیی زەوی بە ڕاسـتی کار دەکاتە سەر جەستەی ئاژەڵان. زانایان تەنانەت نەیاندەتوانی بـڕوا بەوە بکەن کە ئۆرگانێک بۆ هەسـتکردن بە بـواری موگناتیسـی لە نـاو لەشـــی گیاندارانـــدا هەبێـــت. تەنـــانەت دوای ئەوەی کریســـتاڵە موگناتیســـییەکان لە چەنـــدین جـــۆری گیاندارانـــدا دۆزرایەوە، کە میکانیزمی بزۆکەی موگناتیسیی ئـاسایی هێنایە ئاراوە، توانایی گەشتی ڕۆبینەکان وەک نهێنی مایەوە، چونکە هیچ موگناتیسـێک لە نـاو لەشـی ئەم باڵنـدەیەدا هەسـتی پـێ نەدەکرا. هەسـتی ڕۆبـین چەنـدین مەتەڵـی پیشـان دەدا کە لەگەڵ بزۆکەی موگناتیسیدا یەکی نەدەگرتەوە، چـونکە باڵندەکە کاتێک چـاوی دادەخـرا، هەسـتەکەی لە دەسـت دا، کە پیشـانی دەدا دەبێـت ئەوان بـواری موگناتیسـیی زەوی ببیـنن، بەڵام چـۆن ئەم ئاژەڵە دەکرێت بوارێکی موگناتیسی ببینێت؟

لە سـاڵی ١٩٧٢دا بـوو کە ویلتیشـکۆکان (وۆلفگانـگ لەم کـاتەدا تـیمەکە لەگەڵ خێـزانەکەی، ڕۆسـویتا، بەڕێـوە دەبـرد) دۆزییـانەوە کە بـزۆکەی ڕۆبـین هاوشـێوەی ئەوانە نـییە کە پێشـتر لێکۆڵینەوەیـان لەســـەر کرابـــوو. بزۆکەیەکـــی ئاســـایی هەڵگـــری تیرئاســـایەکی موگناتیســـییە، کە کۆتـــاییەکەی (جەمســـەرە باشـــوورەکە) لە لایەن جەمسەری باکووری زەوییەوە ڕادەکێشـرێت، لە کاتێکدا کۆتـاییەکەی تـری بەرەو جەمســـەری باشـــوورە. بەڵام جـۆرێکی جیـاوازی بـزۆکە هەیە کە لە نێوان جەمسـەرەکاندا جیـاوازی ناکـات. لەوانەیە لە بەشـی ١وە لە بیـرت بێـت ئەمە ناسـراوە بە بـزۆکەی لار (inclination compass)؛ ئەمە ئاماژە دەدات بە نزیکترین جەمسەر، هەر بۆیە ئەو تەنها دەکرێت پێت بڵێت بەرەو ئەم جەمسـەرە دەچێت یـان لێـی دوور دەکەوێتەوە، جـا هەر کامێکیـان بێـت. یەکێـک لەو ڕێگەیـانەی دەکرێـت

ئەم جۆرە لە زانیاری کۆ بکرێتەوە، پێوانی گۆشەی هێڵەکانی بواری موگناتیسیی زەوییە بەگوێرەی ڕووبەری زەوی (وێنەی ٦:١).



وێنەی ٦:١

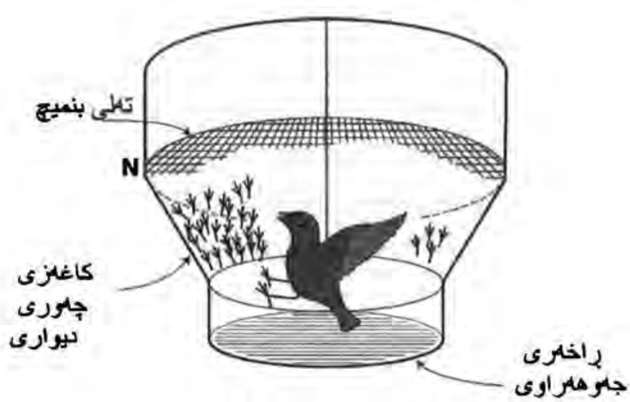
هێڵەکانی بواری موگناتیسیی زەوی و گۆشەی لاربوونەوە

نزیک لە جەمسەرەکان ئەم گۆشەی لاربوونەوەیە (لێرەدا ناوە بۆ ئەم جۆرە لە بزۆکە) بە نزیکەیی ستوونییە (ئاماژەیە بەرەو زەوی)، بەڵام لەسەر هێڵی کەمەرەی زەوی هاوڕێکە. لە نێوان کەمەری زەوی و جەمسەرەکان هێڵەکانی بواری موگناتیسی بە گۆشەی بچووکتر لە زەوی دەکەون لە زەوی، کە ئاماژەی گۆشەکە بەرەو نزیکترین جەمسەرە. هەر بۆیە هەر ئامێرێکی پێوانی ئەم گۆشەیە دەکرێت وەک بزۆکەی لارەوەبوو کار بکات و زانیاریی ڕاستەوخۆ بدات بە دەستەوە.

لە تاقیکردنەوەکانیان لە ساڵی ١٩٧٢دا، ویلتشکۆکان باڵندەکانیان لە ناو قوتوویەکدا حەپس کرد و بواری موگناتیسیی دەستکردیان لێ دان. بە سەرسووڕمانەوە بە پێچەوانەکردنی جەمسەری بوارەکە، ئەویش بە سووڕاندنەوە بە ڕادەی ١٨٠ پلە، هیچ کاریگەرییەک لە ڕەفتاریاندا نەبینرا: باڵندەکان ئاراستەگریی خۆیان بەرەو نزیکترین جەمسەری موگناتیسی دەگۆڕی، ئەم گرنگیپێنەدانە چۆن ڕوو دەدات، هەر بۆیە ئەوان بزۆکەی موگناتیسیی ئاسایی نین. وتارە زانستییەکەی ١٩٧٢

پیشانی دەدا کە هەستی موگناتیسیی ڕۆبین بە ڕاستی بزۆکەیەکی لارە. بەڵام ئەو چۆن کاری دەکرد، ئاوا بە نهێنی مایەوە.

لە دواییدا لە ساڵی ١٩٧٤دا وۆلفگانگ و ڕۆسیتا لە لایەن پسپۆڕی کۆچی باڵندەکان، ستیڤ ئیملین (Steve Emlen) بانگهێشت کران بۆ زانکۆی کۆرنیل لە ویلایەتە یەکگرتووەکانی ئەمەریکا. لە سالانی ١٩٦٠دا ئەو لەگەڵ باوکیدا، جان، کە ئەویش باڵندەناسێکی ئاست بەرز بوو، پەرەیان بە ژوورێکی باڵندە دابوو کە ناسراوە بە ڕەحەتیی ئیملین (Emlen funnel) (لەگەڵ ئیمیلین فونێل، یاریچیی گەورەی فووتبۆڵی ئەمەریکایی لە سالانی ١٩٥٠؛ لێتان تێک نەچێت). شێوەکەی هاوشێوەی قووچەکێکی پێچەوانە بوو، ئەم ڕەحەتییە ڕێگەیەکی جەوهەراوی لە بنەکەیدا هەبوو، لەگەڵ کاغەزی چەور لەسەر لا لارەکانی (وێنەی ٦:٢). کاتێک باڵندەیەک هەڵبەزودابەز دەکات و دەفرێت و دەکەوێت لە دیوارە لێژەکان، شوێنی خۆیان بەجێ دەهێڵن، کە زانیاری سەبارەت بەو ئاراستەیەی لە کاتی فڕیندا دەکرێت بیگرنەبەر، دەدا بە دەستەوە.



وێنەی ٦:٢
ژووری ڕەحەتیی ئیملن

جۆرەکـــانی باڵنـــدە کە ویلتشـــکۆکان لە زانکـــۆی کۆلـــۆرادۆ لێکۆڵینەوەیـان لەسـەری کـرد، باڵنـدەی دانەوێڵەخـۆری نیلـی بـوو (indigo bunting)، جـۆرێکی بچـووکی باڵنـدەی خۆشـخوانی ئەمەریکـای بـاکووری بـوو کە هاوشـێوەی ڕۆبینـی ئەورووپـی بە بەکارهێنـانی هەمـان جـۆری بـزۆکەی نـاوەوەیی، کـۆچ دەکـات. توێژینەوەی دووردرێژی ساڵانەیان لەسەر ڕەفتاری ئەم باڵندەیە لە نـاو ڕەحەتیـی ئیمیلـین لە سـاڵی ١٩٧٦دا بـڵاو بـووەوە و گومـانی نەهێشـت کە دانەوێڵەخـۆری نیلـی، هاوشـێوەی ڕۆبـین، توانـای ئەوەی هەیە بواری موگناتیسی هەست پێ بکات[49].

وۆلفگانگ ویلتشکۆ ئەم چاپکراوەی وەک یەکەم چاپکراوەی تیمی زانکـۆی کۆرنیـل لەبەرچـاو دەگرێـت کە بەربەسـتەکانی ڕووخانـد و گومـانی لەسـەر کـۆچی باڵنـدەکان بە ڕێـگەی بـزۆکەی موگناتیسـی نەهێشـت و سـەرنجی زۆر لە نـاو باڵندەناسـە پێشـڕەوەکان بەرەو لای خۆی ڕاکێشا.

هەڵبەت هـیچ کەسـێک لە ناوەڕاسـتی سـاڵانی ١٩٧٠دا بیـرۆکەی سـەبارەتی بە چـۆنێتیی کـارکردنی بـزۆکەی موگناتیسـی نەبـوو. بە هەرحـاڵ، وەک لە بەشـی ١دا باسـمان کـرد. لە هەمـان سـاڵدا کە ویلتیشـکۆکان و سـتیفن ئیملـین کارەکەیـان بـڵاو کـردەوە، کیمیـایی ئەڵمـانی کـلاوس شـولتین پێشـنیازی کـرد کە میکـانیزمێکی کیمیـایی پەیوەندیـدار بە ڕوونـاکی لەگەڵ وەرگـری موگناتیسـی لەئـارادا بێـت. شـولتین بە تـازەیی لە زانکـۆی هارڤـارد دکتـۆرای لە فیزیـای کیمیـایی وەرگرتبوو و گەڕابووەوە بۆ ئەورووپا و لە ئەنستیتۆتی ماکس پلانک بـۆ کیمیـای بـایۆلۆجی، لە گـۆتینگین دامەزرابـوو. لەوێ حەزی لەوە کرد کە لەوانەیە ئەلیکترۆنەکان کە لە کاردانەوەیەکی سیانیدا بە هـۆی

49 S. T. Emlen, W. Wiltschko, N. J. Demong, R. Wiltschko and S. Bergman, “Magnetic direction finding: evidence for its use in migratory indigo buntings,” Science, vol. 193: 4252 (1976), pp. 505–8

لێدانی ڕووناکییەوە بەرهەم دێن، بە شێوەی کوانتەمی گیرۆدە بن. هەژمارکردنەکانی پێشنیازی دەکرد کە ئەگەر بە ڕاستی گیرۆدەیی لەم کاردانەوە کیمیاییانەدا لەئارادا بێت، کەوابوو خێرایی ئەم کاردانەوانە دەبێت بکەوێتە ژێر کاریگەریی بواری موگناتیسییەوە، ئەو پێشنیازی ڕێگەیەکی کرد بۆ سەلماندنی ئەم تیۆرییە.

لە کاتێکدا بە شێوەی سەربەستانە باسی ئایدیاکەی دەکرد، ناوبانگی لە ئەنستیتۆتی ماکس پلانک وەک کەسێکی گەمژە دەردەکرد. پرسەکەی ئەو پرسی فیزیاییەکی تیۆری بوو کە کاری بە قەڵەم و کاغەز و کۆمپیوتەر دەکرد، نەک کیمیاییەک؛ بە تایبەتی هیچ کیمیاییەکی ئەزموونگەرا توانای ئەوەی نەبوو کە جلی تاقیگەیی لە بەر بکات بۆ ئەوەی ئایدیاکانی بسەلمێنێت. بەم شێوەیە ئەو بارودۆخی وەک ئەو تیۆریکارانە وا بوو، بەڵام کەسێکی ئەزموونگەرایان بۆ نەدۆزرایەوە حەزی لێ بێت، لە خشتەی کارکردنە قەرەباڵغەکەیاندا کات دابنێن بۆ هەڵسەنگاندنی تیۆرییەک کە زیاتر لە ١ دانەی ئەوان سەلمابوو هەڵەیە. شولتین ئەو چانسەی نەبوو هیچ کام لە هاوکارە کیمیاییەکانی هان بدات لەسەر ئایدیاکەی کار بکات، چونکە هیچ کام لەوان بڕوایان وا نەبوو کە هیچ شانسێک بۆ سەرکەوتن هەبێت.

سەرچاوەی هەموو گومانەکان وەک شولتین دۆزیبوویەوە، بەڕێوەبەری تاقیگەی ئەنستیتۆتەکە هوبێرت ستایرک بوو. سەرئەنجام شولتین بڕیاری دا بەرەوڕووی ستایرک لە ئۆفیسەکەی ببێتەوە، کە لەوێ لە سەرچاوەی گومانەکەی ستایرک تێگەیشت: ستایرک پێشتر تاقیکردنەوەی ئەنجام دابوو، بەڵام هیچ کاریگەرییەکی بواری موگناتیسیی نەدۆزیبووەوە. شولتین خەمبار بوو. وا دیار بوو گریمانەکەی دەگەیشت بە چارەنووسی باسکراو لە لایەن زیندەناسی پەرەسەندن تۆماس هاکسلی: "تیۆرییەکی جوان... کوژراو بە هۆی ڕاستییەکی ناشیرینەوە."

دوای سوپاسی لە ساتیرک بۆ ئەنجامدانی تاقیکردنەوەکە، بە مەحزوونی ئۆفیسەکەی بەجێ هێشت، بەڵام دوایی گەڕایەوە داوای بینینی داتا خەمێنەرەکەی کرد. کاتێک ساتیرک فایلەکەی پیشان دا، باردۆخی دەروونیی شولتین لەپڕ گۆڕرا. ئەو بینیی ساتیرک هەندێک شتی لە بیر چووە: شتێکی بچووک، بەڵام گرنگ لە داتاکاندا، کە ئەو بە دروستی پێشبینیی کردبوو. هاواری کرد: "ڕێک ئەو شتەیە کە چاوەڕێم دەکرد، من زۆر خۆشحاڵم ئەمەم بینی، کارەسات گۆڕرا بۆ خۆشحاڵی، چونکە من دەمزانی بە دوای چیدا دەگەڕێم، ئەو نەیدەزانی."[٥٠]

شولتین بە خێرایی دەستی بە نووسین کرد، ئەو دڵنیا بوو کە ئەمە وتارێکی زانستیی ڕچەشکێن دەبێت- بەڵام بە زوویی تووشی شۆکێکی تر بوو، لەگەڵ هاوڕێیەکی هاوکاردا، ماریا - ئیلیزابێت میشیل - بیرلی (Maria-Elisabeth Michel-Beyerle) لە کۆنفرانسێک، دەیخواردەوە، تێگەیشت کە میشیل - بیرلی هەمان تاقیکردنەوەی بە وردی ئەنجام داوە. ئەمە شولتینی تووشی سەرلێشێواویی ئەخلاقی کرد. ئەو دەیتوانی دۆزینەوەکەی ئاشکرا بکات و هانی میسیل بیرلی بدات بگەڕێتەوە بۆ میونیخ و وتارە زانستییەکەی بنووسێت، کە لەوانە بوو کارێکی گەورە بێت، یان ئەو دەکرا خواحافیزی بکات و بگەڕێتەوە بۆ گۆتینگین بۆ ئەوەی لەسەر ئەنجامەکانی بنووسێت. بەڵام ئەگەر ئەو خۆی دەدزییەوە و دەڕۆیشت بێ ئەوەی قسە بکات و سەرەتا ئەو چاپی بکردایەت، میشل - بیرلی لەوانە بوو دواتر ئیتیهامی بکات بە دزینی ئایدیاکەی. ئەو بیرکردنەوەکانی وەبیر دەهێنێتەوە: "ئەگەر بەوم نەدەگوت من چی دەزانم، لەوانە بوو بگەڕێتەوە بۆ ماڵەوە بۆ ئەوەی

---

[50] L. Pollack, "That nest of wires we call the imagination: a history of some key scientists behind the bird compass sense," May 2012, p. 5: http://www.ks.uiuc.edu/History/magnetoreception.

تـاقیکردنەوەکەی ئەنجـام بـدات."[51] لە کۆتاییـدا شـولتین بڕیـاری دا بە میشیل - بیرلی بڵێت کە ئەو هاوشێوەی هەمان کاری ئەنجام داوە. هەر ٢ زانا تا کۆتایی کۆنفرانسەکە مانەوە و پاشان گەڕانەوە بۆ ماڵی خۆیان بۆ ئەوەی وتاری زانستیی تایبەت بە خۆیان بنووسن (شولتین تۆزێک پێش میشیل - بیرلی کارەکەی تەواو کرد) و شرۆڤەی ئەو دۆزینەوەیە بـکەن کە تایبەتمەنـدییە سـەیرەکەی بریتـی بـوو لەوەی کە گیرۆدەیـی کوانتەمی دەکرێت کاریگەری لەسەر کاردانەوە کیمیاییەکان دابنێت.

وتـارە زانسـتییەکەی ١٩٧٦ی شـولتین پێشـنیازی دەکـرد کە گیرۆدەیی کوانتەمی بەرپرسە لە خێرایی کاردانەوەی زۆر خێرا و سـەیری کـاردانەوە سـیانییەکان کە لە تـاقیگەی مـاکس پلانـک توێژینەوەی لەسەر دەکرا، بەڵام ئەم وتارە زانستییە ڕچەشکێن بوو، کە بە هـۆی داتـا تاقیگەییەکـانی پێشکەشـکراو لە لایەن سـتایرکەوە پشتڕاسـت کرابـووەوە، کە بە ڕوونـی پیشـانی دەدا کـاردانەوە کیمیاییەکە بە بوارە موگناتیسییەکان هەستیارە. بە ٢ ئەنجامی گەورە لە ناو جانتاکەیدا زۆر لە زانایانی ڕازی کردبوو، بەڵام شولتین هێشتا سێیەمی پێ نەبوو، ئەو هێشتا ئازایەتیی لاوانەی هەبوو، ئامادە بوو سـەر بکـات بە کـون و قـوژبنی تـردا. ئاگـادار لە کـار لەسـەر کـۆچی ڕۆبینی ویلتشکۆ و پرسی دۆزینەوەی میکانیزمێکی گونجاوی کیمیـایی بـۆ بزۆکەیەکـی زیندەناسـی، ئەو وای دانـا کە سـپینی ئەلیکترۆنەکـان دەکرێـت وەهـا میکانیزمێـک بەرهەم بهێنێـت، هەر بـۆیە لە وتـارە زانسـتییەکەی سـاڵی ١٩٧٨دا پێشـنیازی کـرد کە بـزۆکەی باڵنـدە بەنـد بێت لەسەر میکانیزمی جووت ڕادیکاڵێکی گیرۆدەی کوانتەمی.

لەو کـاتەدا بە زەحمەت ئەم ئایدیایە پەسـەند دەکرا. هاوکارەکـانی شـولتین لە ئەنسـتیتۆتی مـاکس پلانـک ئەمەیـان وەک ئایـدیایەکی شـێتانەی تـر بـاس دەکرد و ئیدیتۆرەکانی گۆڤاری ساینس، جۆرنـاڵە ئاستبەرزەکە کە ئەو سەرەتا پەیپەرەکەی بۆ ئەوان نـارد، شتێکی لەم

[51] Ibid., p. 6.

شـێوە خەمبارانەیـان نووسـیبوو: "زانـایەکی کەمبەرجەسـتەش ئەم ئایدیایە لەسـەر کاغەز دەنووسـێت بۆ ئەوەی فڕێی بداتە نـاو سـەتڵی کاغەزە فڕێدراوەکانەوە."[52]

شوڵتین وەڵامەکەی بەم شێوەیە باس دەکات: "قژی خۆم گرت و بیرم کردەوە؛ یان ئەمە ئایدیایەکی گرنگە، یان دەبەنگانەیە. بڕیارم دا ئایدیایەکی گرنگ بێت و بە خێرایی لە جۆرناڵێکی ئەڵمانی چاپ کرا."[53]

بەڵام لەو کـاتەدا زۆربەی زاناکـان، ئەگەر شـتێکیان لەبـارەیەوە بیسـتبێت، تیـۆرییە ئەندێشـاوییەکەی شـولتینیان لە نـاو زرەزانسـت و لێکدانەوەی نائاسایی بۆ هەستی موگناتیسی دادەنا.

پـێش ئەوەی بـزانین چـۆن کـارەکەی ویلتیشـکۆکان و شـولتین یارمەتیی یەکیان داوە بۆ ئەوەی شرۆڤەی ئەوە بکەن چۆن باڵندەکان ڕێـگەی خۆیـان لەسـەر گـۆی زەوی دەدۆزنەوە، ئـێمە پێویسـتە بگەڕێیـنەوە بـۆ نهێنیـیەکەی جیهـانی کـوانتەمی و بە وردی سـەیری دیاردەی گیرۆدەیی بکەین، کە لە سەرەتای ئەم کتێبەدا باسمان کرد. تـۆ لەوانەیە وەبیـرت بێـتەوە کە گیرۆدەیـی زۆر سـەیرە، تەنـانەت ئاینشتاین جەختی دەکردەوە ناکرێت ڕاست بێت. بە هەرحـاڵ سـەرەتا ئـێمە پێویسـتە تایبەتمەنـدییەکی سـەیرتان لە جیهـانی کـوانتەمی پـێ بناسێنین: سپین (بادراوی).

سپینی کوانتەمی و کرداری خێوەکی

زۆر کتێبـی زانسـتیی گشتپەسـەند لەسـەر میکـانیکیی کـوانتەمی، چەمکی سپینی کوانتەمی بۆ پیشاندانی سەیریی جیهانی نیمچەئەتۆمی بە کار دەهێنن؛ ئەمەمـان بە هـۆی سـادەییەوە هەڵنەبژاردووە، چـونکە

---

[52] Pollack, "That nest of wires we call the imagination," p. 11.

[53] K. Schulten, C. E. Swenberg and A. Weller, "A biomagnetic sensory mechanism based on magnetic field modulated coherent electron spin motion," Zeitschrift für Physikale Chemie, n.s., vol. 111 (1978), pp. 1–5.

لەوانەیە لەباری واتاییەوە زۆر بە دوور بێت لە زمانی ڕۆژانە، بەڵام ناکرێت خۆمانی لێ بدزینەوە.

وەک چۆن زەوی بە دەوری تەوەرێکدا دەخولێتەوە و بە دەوری خۆردا دەسووڕێتەوە، هەر بەو شێوەیەش ئەلیکترۆنەکان و تەنۆلکە نیمچەئەتۆمییەکانی تر هەڵگری سیفەتێکن بە ناوی بادراوی (سپین) کە جیاوازە لە جووڵەی ئاساییان. بەڵام وەک لە بەشی ١دا ئاماژەمان پێ دا، ئەم سپینە کوانتەمییە وەک هەر شتێکی تر نییە کە دەکرێت بەپێی ئەزموونی ڕۆژانە وێنەی بکەین، بۆ نموونە وەک خولانەوەی تۆپی تێنس یان هەسارەکان. بۆ دەستپێک پێویستە ئاماژە بکەین بەوەی قسەکردن لەسەر خێرایی سپینی ئەلیکترۆنێک بێمانایە، سپین دەکرێت تەنها ٢ بڕی مومکینی هەبێت: کوانتەمییە، ڕێک وەک وزە کە لە ئاستی کوانتەمیدا کوانتایزە. ئەلیکترۆنەکان تەنها دەکرێت سپینەکەیان لە ئاڕاستەی سووڕی میلی کاتژمێر یان بە پێچەوانەوەیەتی، کە بەمە دەگوترێت دۆخی سپینی سەرەوە (Up) یان خوارەوە (Down). چونکە ئەمە جیهانی کوانتەمییە، ئەلیکترۆن کاتێک سەیری ناکرێت، ئاڕاستەی سپینەکەی لە هەمان کاتدا لە هەر ٢ ئاڕاستەکەدا بێت. لەم بارەدا دەگوترێت کە سپینەکە لە دۆخی سەریەککەوتنی (بەو واتایە، ئاوێتەیە یان تێکەڵەیە) سپینی سەرەوە یان خوارەوەیە. بە واتایەک، دەکرێت بەم سەیرییەش بگوترێت، ئەلیکترۆنێک هاوکات دەکرێت لە ٢٢ شوێندا بێت- چۆن دەکرێت تاک ئەلیکترۆنێک هەڵگری هەر ٢ سپینی ئاڕاستەی کاتژمێر و دژەسووڕانەوەی کاتژمێر لە یەک کاتدا بێت؟

تەنها بۆ ئەوەی جەخت لەسەر چۆنێتیی نامۆیی ئەم بیرۆکەی سپینی کوانتەمییە بکەینەوە، خولانەوەی 360^0 ئەلیکترۆن ناگەڕێنێتەوە بۆ دۆخی سەرەتایی خۆی؛ پێویستە ٢ جار بخولێتەوە. ئەم قسانە سەیرن، چونکە ئێمە هێشتا وای دادەنێین ئەلیکترۆن تۆپێکی بچووکە، لەوانەیە شتێک هاوشێوەی تۆپێکی تێنسی بچووک

بێـت. بەڵام تۆپەکـانی تێـنس لە خەڵکـی جیهـانی ماکرۆسـکۆپین و ئەلیکترۆنەکان لە جیهانی نیمچەئەتۆمی دەژین، کە ڕێساکانی جیاوازە. لە ڕاستیدا ئەلیکترۆنەکان تەنها گۆی بچووک نین، تەنانەت ناکرێت بگوترێت ئەوان قەبارەیان هەیە. کەوابوو ئەگەر وای دابنێین سپینی کوانتەمی وەک خولانەوەی تۆپی تێنس بێت، هاوشێوەی لە جیهانی ڕۆژانەدا نابێت و ناکرێت وێنا بکرێت.

بە هەرحاڵ، نابێت وای دابنێین کە ئەمە چەمکێکی ماتماتیکیی پەتییە کە تەنها لە کتێبە مەنهەجییەکان و وانە قورسەکانی فیزیادا هەیە. هەر ئەلیکترۆنێک لە نێو لەشت و هەر شوێنێکی گەردوون، سپینەکەی ئەم تایبەتمەندییەی هەیە. لە ڕاستیدا ئەگەر وەها نەبوایەت جیهانێک کە ئێمە دەیناسین، بە ئێمەشەوە، نەدەکرا ببێت، چونکە سپینی کوانتەمی ڕۆڵێکی کلیدی لە یەکێک لە گرنگترین ئایدیاکان لە زانستدا دەگێڕێت، کە پێی دەگوترێت پرەنسیپی ڕێگریی پاولی (Pauli Exclusion Principle) کە پشتگیریی هەموو کیمیا دەکات.

یەکێک لە ئەنجامەکانی پرەنسیپی ڕێگریی پاولی بریتییە لەوەی بۆ ٢ ئەلیکترۆن کە لە ناو ئەتۆم یان مۆڵکیوڵێک پێکەوە جووتن و هەمان وزەیان هەیە (لە بەشی ٣وە لە بیرت بێت بەندە کیمیاییەکان کە مۆڵکیوڵەکان پێکەوە ڕادەگرن، پێک هاتوون لە ئەلیکترۆن کە لە نێوان ئەتۆمەکاندا هاوبەش دەبن)، دەبێت سپینەکانیان دژ بێت. کەوابوو دەکرێت وا بیر بکەینەوە کە سپینەکانیان یەکتری دەسڕنەوە، ئێمە لێرەدا دەڵێین لە دۆخی سپینی تاکیدان (spin singlet state)، چونکە ئەوان دەکرێت لە دۆخێکی تاکیدا بن. ئەمە دۆخی ئاسایی جووت ئەلیکترۆنەکانە لە ناو ئەتۆمەکان و زۆرترینی مۆڵکیوڵەکاندا. بە هەرحاڵ، کاتێک لە هەمان ئاستی وزەدا لەگەڵ یەکتری جووت نین، ٢ ئەلیکترۆنەکە دەکرێت سپینەکەیان لە هەمان ئاڕاستەدا بێت و بەمە دەگوترێت دۆخی سپینی سیانی (triplet) (چەمکی سیانی دەکرێت بۆ کەسانی نەشارەزا لە میکانیکیی کوانتەمی سەرتێکدەر بێت، چونکە بە

تایبەتی ئامـاژە تەنهـا بە ٢ ئەلیکتـرۆن دەکرێـت، بـۆیە لێـرەدا ڕوونکردنەوەیەکی کـورت پێشـکەش دەکەیـن: دەگوترێـت ئەلیکتـرۆن سپینەکەی 1/2ە. هەر بۆیە کاتێک جووتێک ئەلیکترۆن سپینەکەیان پێچەوانەیە، ئەم ٢ بڕە یەکتری دەسڕنەوە، واتە 0 =½- ½، بەمە دەگوترێت دۆخی سپینی تاکی، بەڵام کاتێک ئاڕاستەی سپینەکانیان لە ١ ئاڕاستەدا بێت، بڕەکـان پێکەوە کۆ دەبنەوە، واتە 1=½+ ½، چەمکی سیانی دەگەڕێتەوە بۆ ئەو ڕاستییەی کە سپینی ١ی لێکدراو ٣ ئاڕاستەی مومکینی دەبێت (سەر، خوار و تەنیشت))، هەر ئەوەی شولتین تـوێژینەوەی لەسـەر کردبوو (ئەم ٢ ئەلیکترۆنە ناجووتە لە مۆڵکیوڵێکی ئۆکسیجن کە ٢ ئەتۆمەکە پێکەوە ڕادەگرێت، بە شێوەی ئاسایی لە دۆخێکی سپینی سیانیدایە).

لەوانەیە ئاشـنا بێـت لەگەڵ ئەو گـوتە گومانـاوییە کە دوانەی یەکسان توانای ئەوەیان هەیە هەست بە بارودۆخی سۆزی یەک بکەن تەنانەت کاتێک بە مەودایەکی زۆر لە یەکتری دوورن. هەندێک جار ئایدیاکە دەگـات بەوەی کە دوانە لە ئاستێکی ناوەوەیی کە زانست هێشتا تێنەگەیشتووە، پێکەوە گرێ دراون. قسەی هاوشێوەش هەیە، بۆ نموونە چۆن سەگێک هەست دەکات خاوەنەکەی دێت بۆ ماڵەوە. ئێمە دەبێت ڕوونی بکەینەوە هیچ کام لەمانە هەڵگری بەهای زانستی نـین، لەگەڵ ئەوەی هەنـدێک کەس بە هەڵە دەیانەوێـت بنچیـنەی کوانتەمی بدەن بەوان. بە هەرحاڵ، هەرچەندە ئەم "کرداری خێوەکی لە مەودادا" (وەک چۆن زۆربەی جار بە کار دەهێنرێت) لە جیهانی کلاسیکیی ڕۆژانەدا نەبینراوە، بەڵام یەکێک لە لایەنە سەرەکییەکانی ناوچەی کـوانتەمییە. ناوە تەکنیکییەکەی بـریتییە لە نـامحەلیبوون ((nonlocality)، یـان گیرۆدەیـی (Entanglement)، کە باسی ئەو ئایدیایە دەکات کە شتێک لێرە ڕوو دەدات و دەکرێت کاریگەرییەکەی بە شێوەی لەپڕ بۆ شوێنێکی تر، ئەوێ، بگوازرێتەوە؛ گرنگ نییە ئەوێ چەندێک دوورە.

جووتێک زار لەبەرچاو بگرە. ئەگەری ماتماتیکیی هاتنی جووتێک بە ئاسانی هەژمار دەکرێت. بۆ هەر ژمارەیەک کاتێک یەکێک لە زارەکان دەگات بە زەوی، بەخت ١ لەسەر ٦ە، ئەوی تریش هەر بەو شێوەیە. بۆ نموونە ئەگەری ئەوەی ٤ێکمان دەست بکەوێت لە یەکێک لە زارەکانەوە، 1/6ە و ئەگەری دەستکەوتنی جووتێک ٤، ١ لەسەر ٣٦ە (چونکە 1/6x1/6=1/36). هەر بۆیە بەختی دەسکەوتنی هەر جووتێک لە ژمارەکان، دەبڵێک، ١ لەسەر ٣٦ە. هەروەها بە کەرەتکردنی 1/6کەرەتی 1/6 کەرەتی ١٠، دەکرێت ڕاستەوخۆ ئەگەری دەسکەوتنی ١ جووت لە ١٠ جاردا هەژمار بکرێت (بە چاوپۆشی لەوەی بۆ نموونە بەم جۆرە بێت، جووت ٤ێک، لە دواییدا جووت ١ێک و تا دوایی) بریتی دەبێت لە ١ لەسەر ٦٠ ملیۆن! ئەمە واتای ئەوەیە ئەگەر هەر کەسێک لە بەریتانیا جووتێک زار ١٠ جار هەڵبدات، بە شێوەی ئاماری تەنها یەکێکیان ئەو شانسەی دەبێت هەموو جارێک جووت بهێنێت.

بەڵام وێنای ئەوە بکە جووتێک دیسکت هەن، کە هەمیشە کاتێک دەکەون لە زەوی، جووت دەبن. ژمارەی ڕاستەقینە کە ئەوان وەری دەگرن، بە شێوەی هەڕەمەکییە، زۆربەی جار لە هەر هاوێشتنێکدا دەگۆڕرین، بەڵام هەمیشە لە کۆتاییدا هەمان ژمارەیان دەبێت. بە ڕوونی تۆ لەوانەیە گریمانەی هەندێک فێڵ بکەیت. لەوانەیە ئەم دیسکانە هەندێک میکانیزمی سەیری ناوەوەییان هەبێت کە کۆنترۆڵی جووڵەکەیان دەکات، ئایا بە شێوەیەک ئەوان لەسەر یەک زنجیرەی هاوشێوە بە پرۆگرام کراون؟ بۆ هەڵسەنگاندنی ئەم تیۆرییە یەکێک لە ٢ زارەکە ڕادەگرێت و ئەوی تریان دەهاوێت، بەڵام لە دواییدا هەردوکیان دەهاوێیت. ئێستا هەر زنجیرەیەکی پرۆگرامکراو ئیتر هاوکات نابن. بەڵام سەرەڕای ئەم فێڵە، زارەکە کاتێک دەکەوێت لە زەوی، هەمان ژمارە پیشان دەدات.

لێکدانەوەیەکی مومکینی تر بریتییە لەوەی هەر زار دەبێت بە ڕێگەیەک توانای ئەوەی هەبێت پێش هەر هەڵدانێک، سیگناڵێک لە

ڕێگەی دوورەوە بگۆڕنەوە. وەها میکانیزمێک لەوە دەچێت زۆر ئاڵۆز بێت، بەڵام لانیکەم لە پرەنسیپدا دەکرێت وێنا بکرێت. بە هەرحاڵ، وەها میکانیزمێک بە هۆی تیۆریی ڕێژەیی ئاینشتاینەوە سنووردار دەکرێت، بەپێی ئەو هیچ سیگناڵێک ناکرێت خێراتر لە خێرایی ڕووناکی گەشت بکات. ئەمە بە واتای ئەوەیە کە هەر نیشانەیەک کە لە نێوان ٢ دیسکەکەدایە تێست بکەیت: بە گشتی پێویستت بەوەیە دڵنیا بیت کە زارەکان بە ڕادەی پێویست دوورن کە کاتی پێویست بۆ ئاڵوگۆڕی هەر نیشانەیەکی ڕێکخستن لە نێوان هەڵدراوەکاندا لە بەردەست نەبێت. هەر بۆیە وای دابنێ تۆ هەمان فێڵی سەرەوە بە کار دەهێنیت، بەڵام با یەکێکیان لەسەر زەوی بێت و ئەوی تریان بە هاوکات لەسەر مەریخ هەڵبدرێت، تەنانەت لەم مەودا نزیکە لە زەوییشەوە، ڕووناکی ٤ خولەک کات دەبات بۆ ئەوەی لە نێوان ٢ هەسارەکەدا گەشت بکات، هەر بۆیە هەر ڕێکخستنی کاتێک، دەبێت کێشەی دواکەوتنی هاوشێوی هەبێت. بۆ نەهێشتنی ئەمە، بە سادەیی ژمارەی هەڵدانەکان لە مەوادایەکی کاتیدا زۆر بکە. ئەمە دەبێت پێشگیری بکات لە هەر نیشانەیەک لە ڕێکخستنی کاتەوە لە نێوان هاوێشتنەکان. ئەگەر ئەوان درێژە بە بەربوونەوە لەسەر ژمارە وەک یەکەکان بدەن، کەوابوو وا دەردەکەوێت کە دەبێت پەیوەندییەکی زاتی لە نێوانیاندا بە چاوپۆشی لە سنوورداریيە بەناوبانگەکەی ئاینشتاین هەبێت.

هەرچەندە ئەم تاقیکردنەوە بە زاری نێوان ئەستێرەیی ئەنجام نەبووە، تاقیکردنەوەی هاوشێوە بە تەنۆلکە گیرۆدەکان لەسەر زەوی ئەنجامی بووە و ئەنجامەکان پیشان دەدات کە تەنۆلکە دوور لە یەکەکان دەکرێت هەمان جۆری فێڵ کە ئێمە بۆ زارەکان وێنامان کردبوو: گرێدراویی نێوانیان سەرەڕای دوورییەکان دەمێنێتەوە. ئەم لایەنە وردەی جیهانی کوانتەمی لەوە دەچێت ملکەچی سنوورداریی خێرایی گەردوونی ئاینشتاین نەبێت، تەنۆلکەیەک دەکرێت لە شوێنێکەوە بە شێوەی لەپڕ کاریگەری لەسەر ئەوی تر بە شێوەی

لەپڕ دابنێت، هەرچەندێکیش لە یەکتری دوور بن، گرنگ نییە. چەمکی گیرۆدەیی (Entanglement) بۆ شرۆڤەی ئەم دیاردەیە لە لایەن شرۆدینگێرەوە داهێنرا کە هاوڕای ئاینشتاین لەسەر "کرداری خێوەکی لە مەودای دوور نەبوو". بەڵام سەرەڕای ئەم گومانە، گیرۆدەیی کوانتەمی لە زۆر تاقیکردنەوەدا سەلما کە یەکێکە لە ئایدیا بنچینەییەکانی فیزیای کوانتەمی بە بەکارهێنانی زۆرەوە و نموونەی زۆرە لە فیزیا و کیمیا- وەک ئێمە دەبینین، لەوانەیە لە زیندەناسییش.

بۆ تێگەیشتن لەوەی چۆن گیرۆدەیی کوانتەمی لە زیندەناسیدا ڕوو دەدات، ئێمە ناچارین ٢ ئایدیا لە یەک بدەین. یەکەم بریتییە لە پەیوەندیی نێوان ٢ تەنۆلکە لە فەزادا: واتە گیرۆدەیی. دووەم بریتییە لە تەنۆلکەی کوانتەمی تەنها لە ١ ساتدا دەکرێت هاوکات لە سەرکەوتنی ٢ یان زیاتر دۆخدا بێت: بۆ نموونە، ئەلیکترۆنێک دەکرێت لە ١ ساتدا هەر ٢ سپینەکەی هەبێت، هەر بۆیە دەکرێت بڵێین لە سەریەککەوتنی سپینی سەرەوە و سپینی خوارەوەدا بێت. ئێمە ئەم ٢ ئایدیایە بە هەبوونی ٢ تەنۆلکەی گیرۆدە لە ناو ئەتۆمیکدا لێک دەدەین، هەر کام لەوان لە سەریەککەوتنی دۆخەکانی ٢ سپینەکەیدا بن. هەرچەندە هیچ ئاراستەیەکی دیاریکراوی سپین دیاریکراو نییە، بەڵام کار دەکاتە سەر ئەوی تر و لە لای ئەوی ترەوە کار دەکرێتە سەری. بەڵام لە بیریشت بێت کە جووتەی ئەلیکترۆن لە هەمان ئەتۆمدا هەمیشە لە دۆخی تاکیدان، کە واتای ئەوەیە لە هەموو کاتێکدا سپینەکەیان پێچەوانەیە: یەکێکیان دەبێت سپینەکەی بەرەو سەرەوە و ئەوی تریان دەبێت سپینەکەی بەرەو خوارەوە بێت. هەرچەندە هەر ٢ ئەلیکترۆنەکە لە هەر کاتێکدا لە سەریەککەوتنی ٢ دۆخەکەدان، بە ڕێگەیەکی تایبەتی کوانتەمی دەبێت هەموو کاتێک سپینەکەیان پێچەوانە بێت.

ئێستا با ٢ ئەلیکترۆنە گیرۆدەکە وا جیا بکەینەوە ئیتر لە هەمان ئەتۆمدا نەبن. ئەگەر ئێمە دۆخی سپینی یەکێکیان بپێوین، واتا ناچاری دەکەین یەکێک لە سپینەکان هەڵببژێرێت، تۆ بڵێ دوای پێوان سپینەکە

بەرەو سەرەوە بێت. چونکە ئەلیکترۆنەکان لە دۆخێکی سپینی تاکیدا بوون، ئەمە واتای ئەوەیە سپینەکەی تر دەبێت لە دۆخی خوارەوەدا بێت. بەڵام لە بیرت بێت کە پێش پێوان، هەردووکیان لە دۆخی سەرکەوتووی سپینی سەرەوە یان خوارەوەدا بوون. دوای پێوان هەردووکیان دۆخی دیاریکراویان هەیە: یەکێکیان سەربەرەوخوارە و یەکێکیان سەربەرەوژوور. هەر بۆیە دووەم ئەلیکترۆن بە شێوەی لەپڕ و لە ڕێگەی دوورەوە دۆخە فیزیاییەکەی خۆی گۆڕیوە لە بوونی لە سەریەککەوتنی هەر ٢ سپینەکەوە بۆ سپینی خوارەوە (یان سەرەوە)- بێ ئەوەی هیچ بەرکەوتنێک لەئارادا بێت. بەم شێوەیە دۆخی هاوبەشەکەشیمان پێواوە. لە پرەنسیپدا ئەوە گرنگ نییە کە ئەلیکترۆنی دووەم چەندێک دوور بێت- دەکرێت لە سەرێکی تری گەردوون بێت ئەو کاریگەرییە بکەوێتە سەری: پێوانی گیرۆدەیی یەکێک لە جووتەکە بە خێرایی هاڕە دەکات بە سەریەککەوتنی ئەوی تر، جا هەر چەندێک دوور بێت.

لێرەدا با بەراوردێک بکەین کە لەوانەیە سوودمەند بێت (لانیکەم تۆزێک). وێنای جووتێک دەستکێش بکە، هەر کام لە قوتوویەکی داخراودان، بەڵام چەندین مایل لە یەک دوورن. یەکێک لە قوتووەکان دەگات بە دەستت پێش کردنەوەی تۆ نازانیت ئەوەی لای تۆیە، دەستکێشی چەپەیە یان ڕاستە. کاتێک تۆ قوتووەکەت کردەوە و بینیت ئەوەی لای تۆیە ڕاستە زۆر بە خێرایی دەگەیت بەو ئەنجامەی ئەوەی نەکرابێتەوە، دەبێت چەپە بێت، گرنگ نییە چەندێک لەو قوتووەوە دوور بێت. بە هەرحاڵ، ئەوەی لێرەدا گرنگە هەموو گۆڕانکارییەکانەیە لە زانیارییەکاندا. قوتووی ڕێی دوور هەمیشە هەڵگری دەستکێشی چەپە دەبێت، جا چی کردبێتەوە یان نەتکردبێتەوە.

گیرۆدەیی کوانتەمی جیاوازە. پێش پێوان، هیچ ئەلیکترۆنێک ئاڕاستەیەکی دیاریکراوی نییە. تەنها کرداری پێوانە (هەر کام لە ئەلیکترۆنە گیرۆدەکان) کە هەر ٢ ئەلیکترۆنەکە ناچار دەکات

دۆخەکانیـــان لە ســـەریەککەوتنی کـــوانتەمیی هەردووی ســـەر و خوارەوەدا بگۆڕن بۆ یەکێک لە دۆخە دیاریکراوەکانی سەر یان خوار؛ ســەبارەت بە دەستکێشــەکان ئەوە تەنهـا نەبـوونی زانیـاری لەســەر دۆخـی سـەرەتایی دیـاریکراوە. نە تەنها ئەنجامدانی پێوانی کوانتەمی لەسـەر ئەلیکترۆنێک ناچاری دەکـات سـپینی خـوارەوە یـان سـەرەوە "هەڵبێژێرێـت"؛ ئەم "هەڵبـژاردن"ە جـووتەکەی ناچـار دەکـات دۆخە تەواوکەرەکە هەڵبێژێرێت، گرنگ نییە چەندێک لێوەی دوور بێت.

وردەکـارییەکی زیـاتر هەیە دەبێت لێی زیـاد بکرێت. وەک پێشـتر قسـەمان لەسـەری کـرد، ٢ ئەلیکتـرۆنەکە لە دۆخـی ئـاوێتەی تاکیـدان، کاتێک لەگەڵ یەکتریدا جووت دەبن ئاڕاستەی سپینەکەیان پێچەوانەیە. ئەگەر یەکێـک لە ئەلیکترۆنەکـان لە جـووتەی تـاکییەوە بـاز بـدات بـۆ ئەتۆمی دراوسـێ، سـپینەکەی پێچەوانە دەبێتەوە، واتە هەمـان سـپینی ئەلیکتـرۆنە جـووتەکەی دەبێـت کە جێـی هێشـتووە، ئەوکـات دۆخـی سپینی سیانی دروست دەبێت. بە هەرحاڵ، سەرەڕای ئەوەی ئێستا لە ئەتـۆمی جیـاوازدان، بەڵام هێشـتا دەکرێـت گیـرۆدەییە وردەکەیـان بپارێزن کە بە شێوەی کوانتەمی لەگەڵ یەکتری بە جووتی دەمێننەوە.

بەڵام ئەمە جیهـانی کـوانتەمییە، تەنهـا بە هـۆی ئەوەی ئەلیکتـرۆن بـازی داوە لە ئەتـۆمێکەوە بـۆ ئەتـۆمێکی تـر سـپینەکەی پـێچەوانە بـــووەتەوە، واتـــای ئەوە نیـــیە کە بە دڵنیـــایی وایە. هەر کـــام لە ٢ ئەلیکترۆنەکە هێشتا لە هەر کاتێکدا لە سـەریەککەوتنی ٢ سـپینەکەدان و جووتەکەش هاوکات لە سـەریەککەوتنی دۆخەکانی تـاکی و سـیانی دەبێت: خولانەوە لە ئاڕاستەیەک و دژەکەی لە هەمان کاتدا.

هەر بـــۆیە ئێســـتا لەوانەیە واقـــت وڕمابێـــت و لەوانەشـــە گێـــژ بووبێتیـت، کەوابـوو کـاتی ئەوەیە یەکێـک لە سـەیرترین و شـازترین ئایدیاکان لە بواری زیندەناسیی کوانتەمی بناسێنین.

هەستی ڕادیکاڵی دۆزینەوەی ئاڕاستە

لە سەرەتای ئەم بەشەدا ئێمە قسەمان لەسەر ئەو پرسە کرد کە چۆن هەندێک شت بە لاوازیی بواری موگناتیسیی زەوی دەکرێت وزەی پێویست بۆ گۆڕینی ئەنجامی کارلێکێکی کیمیایی و بەم شێوەیە دروستکردنی نیشانەیەک، کە بۆ نموونە بە ڕۆبین دەڵێت پێویستە لە چی ئاڕاستەیەکدا بفڕێت. زانای کیمیا لە ئۆکسفۆرد بەراوردێکی زۆر جوانی هەیە بۆ ئەوەی چۆن ئەم هەستە نائاساییە مومکینە: وێنای بکە بلۆکێکی گرانیتمان هەیە کە کێشەکەی ١ کیلۆگرامە، ئایا دەکرێت مێشێک بەری بداتەوە. ژیریی باو پێمان دەڵێت وەڵامەکە بە دڵنیاییەوە نەخێرە. بەڵام وای دابنێ بەردەکەمان لەسەر یەکێک لە لێوارەکانی لە هاوسەنگیی لەرزۆک دانابێت. بە ڕوونی لەو شوێنەدا هاوسەنگ نییە و مەیلی بەرەو کەوتن بەرەو لای ڕاست یان چەپە. ئێستا وای دابنێ کە مێشێک لە لای ڕاستی بلۆکەکە بنیشێتەوە. تەنانەت ئەگەر وزەی مێشەکە زۆریش بچووک بێت، بەسە بۆ ئەوەی بلۆکەکە بەرەو لای ڕاست بخات نەک لای چەپ[٥٤].

وزەیەکی زۆر بچووک دەکرێت کاریگەریی زۆر گەورەی هەبێت، بەڵام تەنها ئەگەر سیستەمەکە، کە کاری لەسەر دەکات، زۆر بە وردی لە نێوان ٢ پێشهاتدا ڕێک خرابێت. هەر بۆیە بۆ دەرخستنی کاریگەریی بواری موگناتیسیی زۆر لاواز، ئێمە پێویستە هاوتای کیمیایی بلۆکی گرانیت لە دۆخێکی زۆر بە بەباشی هاوسەنگکراودا کە دەکرێت لەژێر کاریگەریی بوارێکی موگناتیسیی زۆر لاوازدا بێت، لەبەرچاو بگرین.

ئێستا دەگەڕێینەوە بۆ کارلێکە سیانییە خێراکەی کلاوس شیلتین. تۆ لەوانەیە بەندە ئەلیکترۆنیکەکانی نێوان ئەتۆمەکانت، کە زۆربەی جار بە هاوبەشکردنی ئەلیکترۆنێک دروست دەبن، وەبیرت بێتەوە. بەڵام سروشتی کیمیایی وردی بەرهەمەکان زۆربەی جار بەندە

[54] .From P. Hore, “The quantum robin,” Navigation News, Oct. 2011.

لەسەر بالانسی تاکی – سیانی و هەستیارەکەی بۆ بوارە موگناتیسییەکان. بۆ تێگەیشتن لەوەی ئەمە چۆن کار دەکات، دەکرێت بیر بکەینەوە لە قۆناغی ڕادیکاڵە سەربەستە نێوانگرەکانی دۆخی کاردانەوە هاوشێوەی هاوسەنگییە تەشبیهییەکەی بلۆکە گرانیتەکە. لەم دۆخەدا، کاردانەوەکە بە شێوەیەکە تەنانەت بوارێکی موگناتیسی زۆر لاواز، کەمتر لە ١٠٠ مایکرۆتیسلا تێکی دەدات – وەک ئەوەی مێشێکت لەسەر دانابێت – کاریگەریی بوارێکی وەک ئەوەی زەوی بەسەر بۆ ئەوەی زاری هەڵدڕاوی دۆخی تاکی – سیانیی بەرهەمی کارلێکی کیمیایی دروست بکات[55].

لێرەدا بە دڵنیاییەوە میکانیزمێک هەیە کە بە ڕێگەی بواری موگناتیسی کاریگەری لەسەر کاردانەوە کیمیاییەکان دەبێت و بەم ڕێگەیە شوڵتین وای دانا جەمسەرنومایەکی موگناتیسی لە باڵندەکاندا هەیە.

بەلام شوڵتین هیچ ئایدیایەکی نەبوو کە لە جەستەی باڵندەکەدا ئەم کاردانەوەی جووت ڕادیکاڵە پێشنیازکراوە لە کوێدا ڕوو دەدات– بە ئەگەری زۆرترین لەوانەیە ئەمە لە مێشکدا بێت. بەلام بۆ کارکردنی ئەمە، جووت ڕادیکاڵەکە دەبێت لە یەکەم شوێندا دروست بین (هاوشێوەی بلۆکە گرانیتەکە کە دەبێت لەسەر لا دابنرێت). ئەو کارەکەی لە ساڵی ١٩٧٨دا لە هارڤارد پێشکەش کرد و باسی تاقیکردنەوەکانی گرووپەکەی لە گوتینگن کرد، کە لەودا پرتەی لەیزەر بۆ دروستکردنی جووتەی ڕادیکاڵە سەربەستە گیرۆدەکانی ئەلیکترۆن بە کار دەهات. یەکێک لە ئامادەبووەکان زانایەکی گەورە بوو بە ناوی دودلی هێرشباخ (Dudley Herschbach) کە دواتر خەلاتی دووقۆڵیی نۆبێلی کیمیای بردەوە. لە کۆتایی پێشکەشکردنەکەدا هێرشباخ پرسیارێکی ئیحراجکەری کرد: "بەلام کلاوس، لەیزەری باڵندەکە لە کوێدایە؟" لەژێر فشاردا بۆ دەستخستنی وەلامێکی گونجاو

[55] N. Lambert, "Quantum biology," Nature Physics, vol. 9: 10 (2013),

بۆ وەها سەرەپرۆفیسۆرێک، شیلتون پێشنیازی کرد کە بە ڕاستی ڕووناکی بۆ چالاککردنی جووتە ڕادیکاڵەکە پێویستە، لەوانەیە ئەم پرۆسەیە لە چاوی باڵندەکەدا ئەنجام ببێت.

لە ساڵی ١٩٧٧دا، ١ ساڵ پێش بلاوبوونەوەی وتارەکە جووت ڕادیکاڵەکەی شولتین، فیزیاییەکی ئۆکسفۆرد بە ناوی مایک لیسک (Mike Leask) لە باسێکی زانستیی تری نەیچەردا وای بیر دەکردەوە کە سەرچاوەی هەستی موگناتیسی بە ڕاستی لەوانەیە وەرگرەکانی ڕووناکیی ناو چاوی باڵندەکە بێت[56]. ئەو تەنانەت پێشنیازی کرد کە مۆلکیولی ڕەنگی چاوی باڵندەکە، ڕۆدپسین (rhodopsin)، بەرپرسە لەوە. کاتێک وۆلفگانگ ویلتشکۆ وتارە زانستییەکەی لیسیکی خوێندەوە، پێی سەرسام بوو، هەرچەندە ئەو هیچ بەڵگەیەکی تاقیگەیی بۆ پێشنیازەکەی نەبوو کە ڕووناکیی ڕۆڵ لە هەستی موگناتیسیی باڵندەدا دەگێڕێت. هەر بۆیە هەوڵی دا ئایدیاکەی لیسک هەڵبسەنگێنێت.

لەو کاتەدا ویلتیشکۆ تاقیکردنەوەی لەسەر کۆترە ماڵییەکان ئەنجام دەدا بۆ ئەوەی ببینێت کە ئایا ئەوان زانیاریی موگناتیسی لە گەشتە ئاسمانییەکەیاندا کۆ دەکەنەوە تا بە بەکارهێنانی ڕێگەی ماڵەوە بدۆزنەوە. ئەو دۆزییەوە کە ئەگەر کۆتر لە بوارێکی موگناتیسیی تێکدەردا دابنرێت لە گەڕانەوەی بۆ ماڵەوەدا کاتێک بەردەدرێت، توانای دۆزینەوەی ماڵەوە لە دەست دەدات. لەژێر کاریگەریی تیۆرییەکەی لیسکدا بڕیاری دا تاقیکرنەوەکە دووبارە بکاتەوە، ئەم جارە بەبێ بواری موگناتیسیی تێکدەر. لەجیاتیی ئەوە، کۆترەکەی لە قوتوویەکی تاریکدا و لەسەر پاسێکی ڤۆلکسڤاگن دانا. باڵندەکە بە زەحمەت ڕێگەی ماڵەوەی دۆزییەوە، کە پیشانی دەدا ئەوان ڕووناکییان پێویستە بۆ ئەوەی یارمەتییان بدات تا نەخشەیەکی

---

[56]. M. J. M. Leask, "A physicochemical mechanism for magnetic field detection by migratory birds and homing pigeons," Nature, vol. 267 (1977), pp. 144–5.

موگناتیسیی گەشتەکەیان تۆمار بکەن و بە کاری بهێننەوە بۆ گەڕانەوە بۆ ماڵەوە.

سەرئەنجام لە کۆنفرانسێکدا لە ئالپی فەرەنسا ویلتیشیکۆکان چاویان بە کلاوس شولتین کەوت. ئەوان لەو کاتەدا دڵنیا بوون هەستی موگناتیسیی ڕۆبینەکان بەندە لەسەر ڕووناکییەک کە دێتە ناو چاوەوە، بەڵام بە نزیکەیی هاوشێوەی هەموو کەسێک جگە لەوانەی حەزیان لە کاریگەریی بایۆکیمیایی بواری موگناتیسی هەبوو، هێشتا دڵنیا نەبوون لەوەی کە گریمانەی جووت ڕادیکاڵەکە ڕاستە. بە ڕاستی هیچ کەس نەیدەزانی کە لە چاودا جووت ڕادیکاڵەکە لەوانەیە چۆن بن. لە دواییدا لە ساڵی ١٩٨٨دا پرۆتینە کریپتۆکرۆمە ڕەنگییەکە لە چاوی مێشی میوەدا دۆزرایەوە، هەر وەک چۆن پێشتر باسمان کرد پیشان دراوە بەرپرسە لە هەڵمژینی ڕووناکی بۆ دیاریکردنی شەو و ڕۆژ. لە بنەڕەتدا کریپتۆکرۆم جۆرێک پرۆتینە کە توانای دروستکردنی ڕادیکاڵەکانی لە ماوەی کارلێک لەگەڵ ڕووناکیدا هەیە. ئەمە لە لایەن شولتین و هاوکارەکانی بوو بە کاندید بۆ پێشنیازی ئەوەی کە کریپتۆکرۆم ئەو وەرگرەیە کە ڕۆڵی بزۆکەی کیمیایی دەگێڕێت. کارەکەیان لە ٢٠٠٠دا بڵاو بووەوە و بوو بە یەکێک لە باسە زانستییە کلاسیکییەکانی بایۆلۆجیی کوانتەمی[٥٧]. نووسەری پێشڕەوی وتارەکە هەڵبەت سۆرستین ڕیتز (Thorsten Ritz) بوو، کە ئێمە لە بەشی ١دا بەرکەوتنمان لەگەڵی هەبوو، کە لەم کاتەدا کاری لەسەر دکتۆراکەی دەکرد. ئێستا لە بەشی فیزیای زانکۆی کالیفۆرنیا، ئیرڤاین، سۆریستین وەک یەکێک لە پێشڕەوانی شارەزا لەسەر هەستەموگناتیسی (magnetoreception) دەبینرێت.

باسە زانستییەکەی ٢٠٠٠ بە ٢ هۆکار گرنگە: یەکەم، ئەمە پێشنیازی کریپتۆکرۆم وەک مۆلکیولێکی بەربژێر بۆ بزۆکەی کیمیایی

---

[57] T. Ritz, S. Adem and K. Schulten, "A model for photoreceptor-based magnetoreception in birds," Biophysical Journal, vol. 78: 2 (2000), pp. 707–18.

دەکــات. دووەم، بە جــوانی - هەڵــبەت بە گومـــانەوە - شـــرۆڤەی وردەکارییەکـــان دەکـــات، کە چـــۆن ئاڕاســـتەگری باڵنـــدە لە بـــواری موگناتیسیی زەویدا لەوانەیە کاریگەری لەسەر هەستی دابنێت.

یەکەم هەنگاو لەم نزیکبوونەوەیەدا بریتییە لە هەڵمژینی فۆتـۆنێکی ڕوونـاکی شـین بە هـۆی مۆڵکیـوڵی ڕەنگـی هەسـتیار بە ڕوونـاکیی FDA، کە لە ناو پرۆتینی کریپتۆکرۆمدایە، کە پێشتر هەر لەم بەشـەدا باسـمان کـرد. هەر وەک چـۆن باسـمان کـرد، وزەی ئەم فۆتـۆنە بـۆ دەرکردنی ئەلیکترۆنێک لە مۆڵکیوڵی FADوە بە کار دێت، کە لە جێی خۆی شوێنی بۆشی ئەلیکترۆنێک بەجێ دەهێڵێت. ئەم شـوێنە دەکرێت بە ئەلیکترۆنێکی تر کە لە جووتێکی گیرۆدەی نـاو ترشـێکی ئـامینۆ بە نـاوی تریپتۆفـان لە نـاوی پرۆتینـی کریپتۆکرۆمـدایە، پـڕ ببێـتەوە. بە هەرحـاڵ، بە شـێوەی بنچینەیـی ئەلیکتـرۆنە بەخشـراوەکە دەکرێـت لە گیرۆدەیـــی لەگەڵ هاوبەشـــەکەیدا بمێنێـــتەوە. جـــووتە ئەلیکتـــرۆنەکە دەکرێـت دۆخـی سـەریەککەوتنی کـوانتەمی تـاکی - سـیانی دروسـت بـــکەن، کە بـــریتییە لە سیســـتەمە کیمیـــاییەکە کە کـــلاوس شـــوڵتین دۆزیـــیەوە، کە زۆر هەســـتیارە بە بـــواری موگناتیســـی. جـــارێکی تـــر هاوســـەنگیی ورد لە نێـوان دۆخەکـانی تـاکی - سـیانی بە شـێوەیەکی بەرز هەستیارە بە توندی و گۆشـەی بواری موگناتیسـیی زەوی، هەر بـۆیە ئەو ئاڕاسـتەیەی کە باڵنـدەکە بەپێـی ئەو دەفڕێـت، جیـاوازی لە نێـوان ئـاوێتەی کۆتـایی بەرهەمە کیمیاییەکـان کە بە هـۆی کـارلێکە کیمیاییەکـــان دروســـت دەبـــن، دروســـت دەکـــات. میکـــانیزمەکە بە شێوەیەکە کە تـا ئێسـتا ئەو جیـاوازییە ڕوون نەبـوو - بـۆچی بلـۆکی گرانیـــت بەردەبێـــتەوە - ئەم جیـــاوازیی بەرهەمهێنـــانی ســـیگناڵە کە دەچێت بۆ مێشکی باڵندەکە، بۆ ئەوەی پێی بڵێت نزیکترین جەمسـەری موگناتیسی دەکەوێتە کوێیەوە.

میکانیزمی جووت ڕادیکاڵی پێشنیازکراو لە لایەن ڕیتز و شوڵتین بە دڵنیـاییەوە زۆر جـوان بـوو، بەڵام ئایـا هەقیقـی بـوو؟ لەو کـاتەدا

تەنانەت هیچ بەڵگەیەک کە پیشانی بدات کریپتۆکرۆم کاتێک ڕووناکیی بەردەکەوێت، ڕادیکاڵی سەربەست دروست بکات. بە هەرحاڵ، لە ساڵی ۲۰۰۷دا گرووپێکی ئەڵمانیی تر ئەم جارە لە زانکۆی ئۆلدینبورگ و بە ڕێبەرایەتیی هینریک موریتسن (Henrik Mouritsen)، توانیی مۆلکیولێکی کریپتۆکرۆم لە تۆڕی چاوی باڵندەی ئاوازخوێنی ناوباخ (warbler) جیا بکاتەوە و پیشانی بدات کە ئەوان بە ڕاستی کاتێک ڕووناکیی شینی لێ دەکەوێتم، جووت ڕادیکاڵی سەربەستی درێژتەمەن دروست دەکەن[٥٨].

ئێمە نازانین کە ئەم هەستە موگناتیسییە بۆ باڵندەکان چۆنە، بەڵام چونکە کریپتۆکرۆم ڕەنگدانەیەکی چاوە کە توانای ئەنجامدانی کارێکی هاوشێوەی ئۆپسین (opsin) و ڕهۆدۆپسین (rhodopsin) کە بینینی ڕەنگی دروست دەکات، لەوانەیە بینینی باڵندە بۆ ئاسمان ڕەنگێکی تریشی تێدا بێت کە ئێمە هەستی پێ ناکەین (وەک چۆن هەندێک لە مێرووەکان ڕووناکیی سەروو وەنەوشەیی دەبینن) کە نەخشەی بواری مەگنەتیکیی زەوی دەکێشێت.

کاتێک سۆرستین ڕیتز ئەم تیۆرییەی لە ۲۰۰۰دا پێشنیاز کرد، بەڵگە نەبوو سەبارەت بەوەی کە کریپتۆکرۆم هەڵگری هەستی موگناتیسییە، بەڵام ئێستا بە ڕێگەی کارەکانی شتیف ڕیپێرت و هاوڕێیەکانی، زانراوە هەمان ڕەنگدانەیە کە چۆنێتیی هەستپێکردنی بوارە موگناتیسییەکانی لە پەپوولەی مۆنراش و مێشەکانی میوە لە ئەستۆدایە. لە ساڵی ۲۰۰٤دا، توێژەران ۳ جۆر مۆلکیولی کریپتۆکرۆمیان لە چاوی ڕۆبینەکان دۆزییەوە و لە دواییدا لە ساڵی ۲۰۱۳دا وتارێکی زانستی لە لایەن ویلتیشکۆکانەوە (ئێستاش هێشتا چالاکن سەرەڕای ئەوەی وۆڵفگانگ خانەنشین بووە) بڵاو بووەوە، کە

---

[58] M. Liedvogel, K. Maeda, K. Henbest, E. Schleicher, T. Simon, C. R. Timmel, P. J. Hore and H. Mouritsen, "Chemical magnetoreception: bird cryptochrome 1a is excited by blue light and forms long-lived radical-pairs," PLOS One, vol. 2: 10 (2007), e1106.

باسی ئەوەی دەکرد کە کریپتۆکرام لە چاوی مریشکیش دەرهێنراوە (مریشک هەڵبەت کۆچ ناکات، تەنانەت جۆرە کێوییەکەی. بەڵام ئەوان هێشتا هەست بە بواری موگناتیسی دەکەن) کە ڕووناکی بە هەمان لەرەلەرەوە، کە گرنگە بۆ هەستکردن بە بواری موگناتیسی، هەڵدەمژن[59]. بەڵام ئایا پرۆسەکە بۆ ئەوەی کار بکات بەندە لەسە میکانیکیی کوانتەمی؟ لە ٢٠٠٤دا، سۆرستین ڕیتز چوو بۆ ئەوەی لەگەڵ ویلتشکۆکان کار بکات تا هەوڵ بدەن جیاوازی بکەن لە نێوان بزۆکەی موگناتیسی ئاسایی و بزۆکەی کیمیایی بەند لەسەر میکانیزمی ڕادیکاڵە سەربەستەکان. بزۆکەکان هەڵبەت دەکرێت بە موگناتیسێک تێک بچن: بزۆکەیەکی موگناتیسی لە نزیک موگناتیسێک ڕابگرە، لەجیاتیی جەمسەری موگناتیسیی زەوی، جەمسەری ئەو موگناتیسە پیشان دەدا. میلەیەکی موگناتیسی ئاسایی بوارێک لە دەوری خۆی دروست دەکات کە پێی دەگوترێت بواری موگناتیسیی وەستاو، کە ئەمە واتای ئەوەیە بەپێی کات ناگۆڕدرێت. بە هەرحاڵ، دەکرێت بوارێکی موگناتیسیی لەرەلەرکەریش دروست بکرێت - بۆ نموونە سووڕانەوەی میلە موگناتیسییەکە لە دەوری خۆی - لێرەیە کە سەرنجڕاکێش دەبێت. بزۆکەیەکی ئاسایی هێشتا دەکرێت بە هۆی بوارێکی موگناتیسیی لەرەلەرکەرەوە تێک بچێت، بەڵام تەنها ئەگەر کاتێک لەرەلەرەکە بە ڕادەی پێویست هێواش بێت بۆ ئەوەی تیرئاسای بزۆکەکە هەستی پێ بکات. ئەگەر لەرینەوەکە زۆر خێرا بێت، تۆ بڵێ ١٠٠ جار لە چرکەدا، ئەوکات تیرئاسای بزۆکەکە هەستی پێ ناکات و تێکڕای کاریگەریی دەبێت بە ٠. هەر بۆیە بزۆکەیەکی ئاسایی لەوانەیە بکەوێتە ژێر کاریگەریی بوارێکی موگناتیسی کە

---

[59] C. Nießner, S. Denzau, K. Stapput, M. Ahmad, L. Peichl, W. Wiltschko and R. Wiltschko, "Magnetoreception: activated cryptochrome 1a concurs with magnetic orientation in birds," Journal of the Royal Society Interface, vol. 10: 88 (Nov. 6, 2013), 20130638.

لەرەلەرەکەی هێواشە، ناکەوێتە ژێر کاریگەریی ئەوانەی لەرەلەریان بەرزە.

بەڵام بزۆکەیەکی کیمیایی وەڵامدانەوەکەی زۆر جیاوازە. لە بیرت بێت کە بزۆکەی کیمیایی پێشنیاز کراو بەندە لەسەر جووت ڕادیکاڵەکانی ناو سەریەککەوتنی دۆخەکانی تاکی و سیانی. چونکە ٢ دۆخەکە لە وزەدا جیاوازن و وزەش پەیوەندیی بە لەرەلەرەوە هەیە، سیستەمەکە پەیوەندیدار بە لەرەلەرێکەوە دەبێت، کە وا لەبەرچاو دەگیررێت لە چرکەیەکدا چەندین ملیۆن جار بلەرێتەوە. لەم دۆخەدا، سیستەمەکە دەکرێت بە ڕێگەی پرۆسەی زرینگانەوە کارلێک لەگەڵ بوارێکی موگناتیسیی لەراوە بکات، بەڵام تەنها بەو مەرجەی لەرەلەری بوارەکە لە هەمان لەرەلەری جووت ڕادیکاڵەکەدا بێت: بە قیاس لەگەڵ بەراوردی موزیکی پێشوو ئەگەر ئەوان ١ تۆنیان هەبێت. کەوابوو زرینگانەوە وزەی پەمپ دەکاتە ناو سیستەمەکە کە بە هۆیەوە هاوسەنگیی مۆڵەقەیی لە نێوان دۆخەکانی تاکی و سیانی دەگۆڕێت، کە بزۆکە کیمیاییەکە بەندە لەسەری- لە بنەڕەتدا، بە بەراورد بە بلۆکە گرانیتییە قیاسییەکە ئەو کاتەی هەیە، بواری موگناتیسیی زەوی هەست پێ بکات. هەر بۆیە بە پێچەوانەی بزۆکەی موگناتیسیی ئاسایی، بزۆکەی جووت ڕادیکاڵی کاتێک بواری موگناتیسی بە لەرەلەری بەرزەوە تێک دەچێت.

تیمی ڕیتز - ویتیشکۆ تاقیکردنەوەیەکیان بونیاد نا بۆ هەڵسەنگاندنی ئەم پێشبینییە ڕوونەی تیۆریی جووت ڕادیکاڵی بە بەکارهێنانی ڕۆبینی ئەورووپی: ئایا بزۆکەکەی بە بواری موگناتیسیی نزم یان بەرز هەستیارە؟ ئەوان تا پایز ڕاوەستان، کاتێک باڵندەکان بەبێ قەراری ئامادەن کۆچ بکەن بەرەو باشوور، ئەوانیان لە ناو قوتووە شێوەڕەحەتییەکەی ئیملین دانا. ئەوان بواری لەرەلەرەکەریان لە ئاراستەی جۆراجۆرەوە و بە لەرەلەری جیاوازەوە لێ دان و

چاوەڕوان بوون بزانن بوارەکە توانایی سروشتیی باڵندەکان لە دۆزینەوەی ئاراستەکانیان تێک دەدا یان نا.

ئەنجامەکان سەرسووڕهێنەر بوون: بوارێکی موگناتیسی بە 1.3MHZ (کە لە هەر چرکەیەکدا ١,٣ ملیۆن جار دەلەرێتەوە) و هەزاران جار لاوازتر لە بواری موگناتیسیی زەوی، دەکرێت توانایی باڵندەکان لە ئاراستەگریدا تێک بدات. بەڵام زیادکردن یان کەمکردنی لەرەلەری بوارەکە کاریگەرییەکەی کەم دەکردەوە. هەر بۆیە بوارەکە وا دەردەکەوێت کە زرینگانەوەیەک بە لەرینەوەی لەرەلەری بەرزەوە لە ناو بزۆکەی باڵندەکاندا هەبێت: بە ڕوونی نەک بزۆکەیەکی موگناتیسیی نەریتی، بەڵکو دەکرێت هەندێک شتی گونجاو لەگەڵ جووتەی ڕادیکاڵی گیرۆدە لە سەریەککەوتنی دۆخی تاکی و سیانیدا بن. ئەم ئەنجامە سەرسووڕهێنەرە[60]، پیشانی دەدات ئەگەر هەبن، دەبێت جووتە گیرۆدەکە توانای ڕزگاربوونیان لە ڕووبەڕووبوونەوە لەگەڵ داباریدا (decoherence) هەبێت، لانیکەم لە مایکرۆچرکەدا (١ ملیۆنمی چرکە)، چونکە ئەگەر ئەمە نەبێت تەمەنەکەی زۆر کورت دەبێت و بەشی ئەم سەرەوبنبوونەوەیەی بواری موگناتیسیی لەرەلەرکەری بەکارهێنراو ناکات.

بە هەرحاڵ، گرنگیی ئەم ئەنجامە لەم دواییەنەدا پرسیاری هاتە سەر. گرووپەکەی هێنری موریتسن (Henrik Mouritsen) لە زانکۆی ئۆلدینبورگ پیشانیان دا کە نۆیزی کارۆموگناتیسی دەسکردی مرۆڤ، کە لە ڕێنجێکی بەرفراوان ئامێری ئەلیکترۆنییەوە دەردەچن، دەکرێت لە دیواری دارینی هێلانەی دانەپۆشراوی باڵندەکانەوە لە کەمپی زانکۆوە تێپەڕ ببن و ئاراستەگری بزۆکە موگناتیسییەکەیان تێک بدەن. بەڵام کاتێک هێلانەکان بە ئالۆمنیوم

---

[60] T. Ritz, P. Thalau, J. B. Phillips, R. Wiltschko and W. Wiltschko, "Resonance effects indicate a radical-pair mechanism for avian magnetic compass," Nature, vol. 429 (2004),pp. 177–80.

دادەپۆشرێت، ئەو توانایییان بۆ دەگەڕێتەوە، چونکە نزیکەی لە ٩٩%ی تۆیزی کارومۆگناتیسی شار نامێنێت. ئەنجامەکەیان ئەوەی دەگەیاند کە کاریگەریی تێکدەری لەرەلەری ڕادیۆیی بولرەکانی موگناتیسی لەوانە نییە سنووردار بێت بە بەندێکی زۆر تەنکی لەرەلەر[٦١].

بەڵام هێشتا هەندێک لایەنی نهێنی دەمێنێتەوە، بۆ نموونە بۆچی بــزۆکەی ڕۆبــین دەبێــت زۆر هەســتیار بێــت بە بــوارە موگناتیســە لەراوەکان و بۆچی ڕادیکاڵە سەربەستەکان دەکرێت بۆ ماوەیەکی بە ڕادەی پێویست درێژ بە گیرۆدە بمێننەوە، تا جیاوازیی بایۆلۆجیکی دروست بکەن؟ بەڵام لە ساڵی ٢٠١١دا وتارێکی زانستی لە تاقیگەی ڤلاتکۆ ڤیدرال (Vlatko Vedral) لە ئۆکسفۆرد، هەژماری تیۆریی کوانتەمیی بۆ بزۆکەی جووت ڕادیکاڵ پێشکەش دەکرد و جەختی دەکردەوە کە گیرۆدەیی و سەربەککەوتن دەبێت بۆ ١٠ مایکرۆچرکە بمێننەوە؛ کە بە ڕادەیەکی بەرچاو ماوەکە زۆر زیاتر بوو لە هەموو ئەو سیستەمە مۆلکیولانەی دەسکردی مرۆڤ، بە ڕادەی پێویستیش ئەم کاتە درێژە بۆ ئەوەی بە ڕۆبین بگوترێت بە کام ڕێگەدا بفڕێت[٦٢].

ئەم لێکۆڵینەوە سەرنجڕاکێشانە چەخماخەی تەقینەوەی حەزەکان سەبارەت بە هەستی موگناتیسی بوو، کە ئێستا لە ڕینجێکی بەرفراوانی جۆرەکان، بە هەموو جۆرەکانی باڵندە مالییەکانەوە، ژیژکی دەریایی، ماسیی قەپگرەکان، قرشەکان، نەهەنگە باڵدارەکان، دۆلفینەکان، مێشەهەنگوینەکان و تەنانەت میکرۆبەکان لەئارادایە. لە زۆربەی نموونەکاندا، هێشتا لێکۆڵینەوە لەسەر میکانیزمەکان نەکراوە، بەڵام ئێستا هەستی موگناتیسیی بەند لەسەر کریپتۆکرۆم، لە ڕینجێی

---

[61] S. Engels, N-L. Schneider, N. Lefeldt, C. M. Hein, M. Zapka, A. Michalik, D. Elbers, A. Kittel, P. J. Hore and H. Mouritsen, "Anthropogenic electromagnetic noise disrupts magnetic compass orientation in a migratory bird," Nature, vol. 509 (2014), pp. 353–6.

[62] E. M. Gauger, E. Rieper, J. J. Morton, S. C. Benjamin and V. Vedral, "Sustained quantum coherence and entanglement in the avian compass," Physical Review Letters, vol. 106: 4 (2011), 040503

بەرفراوان لە بوونەوەرەکان لە ڕۆبینە دلێرەکەی ئێمەوە تا مریشک و مێشی میوە، کە پێشتر باسمان کرد و چەندین زیندەوەری تر بە ڕووەکەکانیشەوە، دۆزراوەتەوە"[٦٣].

لێکۆڵینەوەیەکی تەواوکەر کە لە کۆنفرانسێک لە ساڵی ٢٠١١دا پێشکەش کرا، پیشان دەدات کە بزۆکەکانی سیسرکی حەمام بەپێی کریپتۆکرۆم کار دەکەن.

دۆزینەوەی ئەوەی توانایەک و میکانیزمێکی هاوبەش بە بەرفراوانی لە سروشتدا بڵاو بووەتەوە، پێشنیازی ئەوە دەکات کە دەبێت لە باوانێکی هاوبەشەوە بە میرات هاتبێت. بەڵام باوانی هاوبەشی مریشک، ڕۆبین، مێشی میوە ڕووەک و سیسرکی حەمام لە کاتی زۆر دوور ژیاوە: زیاتر لە ٥٠٠ ملیۆن ساڵ لەوەوپێش. هەر بۆیە لەوانەیە بزۆکەی کوانتەمی زۆر کۆن بێت و لەوە دەچێت توانایی گەشتی دەستەبەر کردبێت بۆ خشۆکەکان و دایناسوورەکان کە لە گەناوەکانی سەردەمی کریتاسیوس هاوشانی تی ڕێکسەکە کە لە بەشی ٣ باسمان کرد، دەژیان (لە بیرت بێت کە باڵندە نوێیەکانی وەک ڕۆبینەکان لە دایناسوورەکانەوە هاتوون)، ئەو ماسییانەی کە لە دەریاکانی پێرمیاندا مەلەیان دەکرد، پێ جومگەدارە کۆنەکان کە دەخزانە ناو کونە سەهۆڵەکانی زەریاکانی کەمبرین و لەوانەیە تەنانەت میکرۆبەکانی سەردەمی پێش کەمبرین، کە باوانی هەموو خانە ژیانییەکانن. لەوە دەچێت کردارە خێوەکییەی ئاینشتاین لە مەودای دوور لە هەموو مێژووی هەسارەکەماندا یارمەتیی بوونەوەرەکان بدات بۆ ئەوەی ڕێگەی خۆیان لەسەر زەوی بدۆزنەوە.

---

[63] M. Ahmad, P. Galland, T. Ritz, R. Wiltschko and W. Wiltschko, "Magnetic intensity affects cryptochrome-dependent responses in Arabidopsis thaliana," Planta, vol. 225: 3 (2007), pp. 615–24.

٧

جینه کوانتەمییەکان

ساردترین شوێنی سەر زەوی، لەوانەیە هەندێک کەس وا بزانن جەمسەری باشوورە. بەڵام ئەوێ نییە بەڵکو شوێنێکە بە نزیکەیی ١٣٠٠ کیلۆمەتر دوور لە جەمسەرەکە، لە ناوەڕاستی پلێتی سەهۆڵی ئانتراکتیکی ڕۆژهەڵات. لەوێ پلەی گەرمی زستان بە شێوەی ئاسایی بۆ دەیان پلەی سلسیوسی ژێر ٠ دادەبەزێت. نزمترین پلەی گەرمی لەسەر زەوی واتە – 89^0c لە ٢١ی جوولای ١٩٨٣ لەوێ تۆمار کراوە. ئەم ناوچەیە ناونیشانی "جەمسەری باشووری سارد"ی پێ دراوە. لەم پلە گەرمییە نزمەدا پۆڵا دەتەقێت و گازوئیل دەبێت بە مشار ببڕرێت.

بە هۆی سەرمای لە ڕادەبەدەرەوە هەموو تەڕییەکی هەوا دەجەمێت، بە هۆی ئەو با بەهێزەی کە لەناکاو لەو پێدەشتە بەستووەدا هەڵدەستێت، لەوە دەچێت خۆرهەڵاتی ئانتراکتیک ناخۆشترین شوێنی سەر هەسارەکەمان بێت.

بەڵام ئەوێ هەمیشە شوێنێک بەو ڕژییە نەبووە. ئەو کیشوەرەی کە ئانتراکتیک دروست دەکات، بەشێک بووە لە کیشوەرێکی ساردی گریمانەکراوی کەس نەدیو بە ناوی گوندواناڵەند (Gondwanaland) و لە ڕاستیدا شوێنەکەی لە نزیکی پشتێنەی

زەویدا بووە. ئەو شوێنە بە تونێیەکی ئەستووری ژیانی ڕووەکی لە تووێی فێرن (fern)، درەختی جینکۆ (ginko) و سیکاد (cycad) داپۆشرابوو و ژینگەی دایناسوورەکان و خشۆکە ڕووەکخۆرەکانی هاوشێوەی لیسترۆساوروسی لە کەرکەدەن چوو (rhino–like Lystrosaurus) بوو. بەڵام نزیکەی ٨٠ ملیۆن ساڵ لەوەوپێش کیشوەرەکە دەستی بە شکاندن کرد و پارچەیەکی گەورەی بەرەو باشوور ڕۆیشت و سەرئەنجام لەسەر جەمسەری باشوور نیشتەوە بۆ ئەوەی ببێت بە ئانتراکتیکا. لە دواییدا لە نزیکەی ٦٥ ملیۆن ساڵ لەوەوپێش، هەسارۆکەیەکی گەورە کەوت لە زەوی و هەموو دایناسوور و خشۆکە گەورەکانی سڕییەوە و فەزایەکی ئیکۆلۆجیی گەورەی کردەوە بۆ ئەوەی شیردەرە خوێنگەرمەکان زاڵ ببن بەسەر زەویدا. سەرەڕای دووری لە شوێنی بەرکەوتنەکە، گیاندار و ڕووەکەکانی ئانتراکتیکا بە شێوەی توند گۆڕان و فێرنەکان و سیکادەکان گۆڕان بە دارستانی هەمیشە سەوز. ئێستا ئیتر بووبوو بە ژینگەی تووڕەکەدارە خاشەبڕاوەکان، خشۆکەکان و باڵندەکان بە پەنگیونە زەبەلاحەکانیشەوە. ڕووبارە پڕ ئاوە خێراکان و دەریاچە قووڵەکان بە ئاژەڵە جومگەدار و ماسییە ئێسکدارەکانەوە دۆڵەکانیان پڕ کردبوو.

بەڵام کاتێک ڕێژەی گازی ژووری سەوز دابەزی، پلەی گەرمیی ئانتراکتیکا دابەزیی. سووڕی جووڵەی ئاوی زەریا هاندەر بوو بۆ ساردبوونی زیاتر و لە نزیکەی ٣٤ ملیۆن ساڵ لەوەوپێش ڕووبەی ڕووبارەکان بەستیان و دەریاچەکان لە زستان دەستیان کرد بە جەمین. لە دواییدا لە نزیکەی ١٥ ملیۆن ساڵ لەوەوپێش، ئیتر دەریاچە بەستووەکان بە هاوینیش نەدەکرانەوە و ڕووبار و دەریاچەکان بە سەهۆڵی ڕەق داپۆشران. لەگەڵ ساردبوونی زیاتری هەسارەکە، هەرەسە گەورە بەفرەکان لە ئانتراکتیکا دروست دەبوون و هەموو شیردەرەکانی وشکایی، خشۆکە و دووژیانییەکانی قڕ کرد و لە ژێر زەوی ناشتنی. دەریاچە و ڕووبارەکان کەوتنە ژێر پلێتی

سەهۆڵ بە ئەستووریی چەند کیلۆمەترەوە. ئانتراکتیکا لەو کاتەوە بە بەستوویی ماوەتەوە.

یەکەم جار لە سەدەی ١٩دا بوو، ڕاوچیی ئەمەریکایی کاپتن جان دەیڤیس (John Davis) بوو بە یەکەم مرۆڤ پێی نایە ئەوێ و لە سەدەی ٢٠دا بوو کە یەکەم شوێنی هەمیشەیی نیشتەجێبوونی لێ دروست بوو، ئەویش کاتێک بوو کە چەندین وڵات پێشبڕکێیان دەکرد بۆ ئەوەی لەو ناوچانەی کە وایان دانابوو هیی خۆیانە، وێستگەی توێژینەوە دابمەزرێنن. یەکەم وێستگەی ئانتراکتیکی سۆڤێت، بە ناوی میرنی (Mirny) لە نزیکی کەنارەکان لە ١٣ی فیبریوەریی ١٩٥٦ بونیاد نرا و لێرەوە بوو ٢ ساڵ دواتر تیمێک ڕۆیشتن بۆ ناو کیشوەرەکە بۆ بونیادنانی پێگەیەک لە جەمسەری جیۆموگناتیسیی زەوی. تیمەکە لە ململانێ لەگەڵ تۆفانی بەفر، بەفری زۆر و پلەی گەرمیی زۆر سارد (-55^0C) و نەبوونی ئۆکسیجن دابوون، بەڵام سەرئەنجام لە ١٦ی دیسەمبەر، لە ماوەی هاوین لە نیوەگۆی باشووری، گەیشتنە جەمسەری جیۆموگناتیسی باشووری زەوی و وێستگەی ڤۆستۆکیان (Vostok) بونیاد نا.

لەو کاتەوە توێژینەوە بە بەردەوامی دەکرێت و تیمێک لە نێوان ١٢ بۆ ٢٥ زانا و ئەندازیار پێوان لەسەر ئەتۆمسفێر و جیۆموگناتیس ئەنجام دەدەن. یەکێک لە ئامانجە سەرەکییەکانی وێستگەکە بریتییە لە کونکردنی چاڵە بەفرەکان بۆ دەرهێنانی سەهۆڵە تۆمارکراوەکانی گۆڕانی کەشوهەواکانی ڕابردوو. لە ساڵانی ١٩٧٠دا ئەندازیاران، بە کونکردنی زەوی تا قووڵایی ٩٥٢ مەتریدا گەیشتن بە پارچەیەک سەهۆڵ کە هیی ١٠،٠٠٠ ساڵ لەوەوپێش بوو. ئامێری نوێ کە لە ساڵی ١٩٨٠دا گەیشت، ئەو هەلەی دەدا بە توێژەران بگەن بە قووڵایی ٢٢٠٢ مەتر. لە ساڵی ١٩٩٦دا ئەوان دریلەکەیان گەیاند بە قووڵایی ٣٦٢٣ مەتر: کونێک بە قووڵیی ٢ مایل گەیشت بە ڕووبەرێک بە تەمەنی ٤٢٠٠٠٠ ساڵەوە.

بەڵام دواتر کونکردن وەستا، چونکە شتێکی سەیر لە ژێر ئامێری کونکردنەکە هەستی پێ کرا. لە ڕاستیدا ئەو شتەی سەیری لە ژێر وێستگەی ڤۆستۆک ٢ دەیە پێشتر لە ساڵی ١٩٧٤دا هەستی پێ کرابوو. کاتێک پشکنەرێکی زەویلەرزەناسی بەریتانی پەردەی لەسەر ناوچەیەکی ١٠٠٠٠ کیلۆمەتر چوارگۆشە بە قووڵایی ٤ کیلۆمەتر لا دابوو. جوگرافیاناسی ڕووسی، ئاندرەی پیترۆڤیج کاپیستا پێشنیازی کرد، کە دەبێت لادانی ڕادار هۆکارەکەی دەریاچەیەکی گەورەی ژێر سەهۆڵەکان بێت، کە لە ژێر سەهۆڵەکاندا حەپس بووە بە هۆی وزەی گەرمای زەوی و پەستانی زۆرەوە بە نەبەستراوی ماوەتەوە. پێشنیازەکەی کاپیستا سەرئەنجام بە هۆی پێوانی مانگەکانی دەسکردەوە لەسەر ناوچەکە لە ساڵی ١٩٩٦دا پشتڕاست کرایەوە، کە دەری خست دەریاچەیەکی ژێرسەهۆڵیی حەپسکراو کە ٥٠٠ مەتر قووڵییەکەیەتی (لە سەرە ئاوەکییەکەیەوە بۆ بنەکەی) و قەبارەکەی بە گەورەیی دەریاچەی ئۆنتاریۆیە. تیمەکە ناوی دەریاچەکەیان نا ڤۆستۆک (Vostok).

بە بوونی دەریاچەیەکی دفنبوو لە ژێر سەهۆڵ، کرداری کونکردن لە وێستگەی ڤۆستۆک بە تەواوەتی گرنگیی جیاوازی پەیدا کرد، چونکە ئامیری کونکردنەکە گەیشتبوو بە ناوەندێکی تاقانە. دەریاچەی ڤۆستۆک لە ژێر ڕووبەری زەوی بۆ ماوەی سەدان، هەزاران یان تەنانەت ملیۆنەها ساڵ شارابووەوە و جیهانی ونبوو بووە (بنی چاڵەبەفرەکان کە دەکەونە سەر دەریاچەکە لە ئەمڕۆدا وا بەراورد دەکرێت بگەڕێتەوە بۆ ٤٠٠،٠٠٠ ساڵ لەوەوپێش، بەڵام دەریاچەکە لەوە دەچێت زۆر پێشتر بەستبێتی. ڕوون نییە کە ئەم چاڵە بەفرانەی ئێستا جێگەی چاڵەبەفرەکانی پێشووی گرتبێتەوە یان دەریاچەکە سەردەمێکی بێسەهۆڵی ئەزموون کردبێت). چی بەسەر ئاژەڵ، ڕووەک و قەوزە و میکرۆبەکان کە لە دەریاچەکەدا پێش ئەوەی حەپس ببێت دەژیان، هات؟ ئایا هیچ ئۆرگانیزمێک لە ناوچەیەکی بە

ڕەهایی تاریک و سارد ڕزگاری بووە؟ ئەم زیندەوەرە دلێرانە چۆن بەرگەی ئەم ناوەندە دڕەیان گرتووە: زۆر سارد و بە تەواوەتی تاریک، ئاوەکە لەژێر پەستانی کێشی پلێتێکی ئەستووری سەهۆڵدایە، کە ٢٠٠ جار پەستانەکەی زیاترە لە ڕووبەری هەر دەریاچەیەک. بە هەرحاڵ، بە سەرسووڕمانەوە ژیانی جۆراجۆر لە شوێنی ناهاوشێوە لە شوێنی تر وەک ئاوی گەرم و فسفۆڕاویی کەنارەکانی بورکانەکان، دەریاچە ترشاوییەکان و تەنانەت لە قووڵایی هەزاران مەتر ژێر ڕووبەری زەریاکاندا هەیە. لەوانەیە ڤۆستۆکیش بتوانێت پشتگیریی ئیکۆسیستەمەکەی خۆی بۆ زیندوومانەوەی ئیکستریمۆفیلەکان (ئەو بوونەوەرانەی لە ناوەندی زۆر توندا (هەڵبەت لە دیدی ئێمەوە) دەژین) بکات.

دۆزینەوەی دەریاچەیەک لە ژێر سەهۆڵی ئەستووردا تەنانەت گرنگیی زیاتری دا بە دۆزینەوەیەکی تر لە ساڵی ١٩٨٠دا، کە ١ ملیارد مایل لە دووریی ئەوەوە بوو، کاتێک کەشتیی ڤۆیاجیری ٢ وێنەی مانگی ئەورووپای موشتەریی بەرەو زەوی نارد و دەری خست دەریاکە لە ژێر توێیەک سەهۆڵدایە. ئەگەر ژیان دەکرێت لە ناو ئاوی حەپس بوو لە ژێر توێیەکی ئەستووری سەدان کیلۆمەتری چاڵەبەفرەکانی ئەنتراکتیکا ڕزگاری ببێت، کەوابوو زەریای ژێرسەهۆڵی ئەورووپاش دەکرێت پشتگیریی ژیانی بێگانە بکات. گەڕان بۆ ژیان لە دەریاچەی ڤۆستۆک دەکرێت ببێت بە نموونەیەکی چێژبەخش بۆ ژیان لەودیوی هەسارەکەمان.

کونکردنەکەی ساڵی ١٩٩٦ تەنها لە دووریی ١٠٠ مەتر لە ڕووبەری دەریاچەکە وەستێنرا، بۆ ئەوەی ئاوی دەریاچەکە بەرکەوتنی لەگەڵ دڕێڵەکە نەبێت، کە نەوتی سپیی لەگەڵدا بوو و دەکرێت هەڵگری ڕووەک، زیندەوەر و میکرۆب و مادەی کیمیایی ڕووبەری بێت. بە هەرحاڵ ئاوی دەریاچەی ڤۆستۆک پێشتر بە دەرهێنانی سەهۆڵ لێکۆڵینەوەی لەسەر کرابوو. جووڵە گەرمایییەکانی

ئاو لە ژێر بنمیچی سەهۆڵی دەریاچەکە سوورێکی بەستن و توانەوە دروست دەکات. ئەم پرۆسەیە تەنانەت دوای ئەوەی کاتێک دەریاچەکە قەپات بوو، درێژەی هەبووە، هەر بۆیە بنمیچەکەی سەهۆڵی بەفرین نییە، بەڵکو وەک دەریاچەی سەهۆڵ بەستوو وایە-کە ئەستوورییەکەی دەکشێت. کرۆکی سەهۆڵینی دەرهێنراو لە کردارە سەرەتاییەکانی کونکردن تا ئەم ئاستە چووە پێش و لە ساڵی ٢٠١٣فس یەکەم لێکۆڵینەی ورد لەسەر پلێتی سەهۆڵینی ڤۆستۆک بڵاو بووەوە[٦٤]. ئەنجامی کارەکە بریتی بوو لەوەی سەهۆڵی دەریاچەکە هەڵگری تۆڕێکی ئاڵۆز لە ئورگانیزمە، بە باکتریای تاکخانەییەوە، کارگی فونگی و تاکخانەیی نیمچەزیندوو (protozoa)، جەستە نەرمەکان (molluscs)، کرمەکان و ئانیمۆنەکان و تەنانەت پێجومگەدارەکان (arthropod). زانایان هەوڵیان دا بزانن کام شێوەی میتابولیسم لە لایەن ئەم بوونەوەرانەوە بە کار دێت و هەروەها ژینگە و ئیکولۆژییان چۆنە. ئەوەی لەم بەشەدا ئێمە جەختی لەسەر دەکەینەوە، تەنها بایۆلۆجیی بە ڕاستی مادەی گرنگ و سەرنجڕاکێشی ڤۆستۆک نییە، بەڵکو مەبەستمان هەر ئیکۆسیستەمێکە دەکرێت بۆ هەزاران یان ملیۆنان ساڵ دابڕێت و ڕزگار ببێت. لە ڕاستیدا ڤۆستۆک دەکرێت وەک جۆرێک وردەجیهان لەسەر زەوی لەبەرچاو بگیرێت، کە هیچی تێنایەت، فۆتۆنی خۆری بۆ ٤ ملیۆن ساڵە لێ ناکەوێت و هێشتا هەڵگری ئیکۆسیستەمێکی جوارجۆر و دەوڵەمەندە و لە ڕووبەڕووبوونەوە لەگەڵ بورکانە زەبەلاح و بەرکەوتنی هەسارۆکە و گۆڕانی کەشوهەوا پاراستوویەتی. چۆنە ئەم ئاڵۆزییە بەربڵاوەی ژیان لە ماوەی هەزاران و تەنانەت

---

[64] Y. M. Shtarkman, Z. A. Kocer, R. Edgar, R. S. Veerapaneni, T. D'Elia, P. F. Morris and S. O. Rogers, "Subglacial Lake Vostok (Antarctica) accretion ice contains a diverse set of sequences from aquatic, marine and sediment-inhabiting bacteria and eukarya," PLOS One, vol. 8: 7 (2013), e67221.

میلیۆنەها ساڵدا لەم گۆڕانە توندانە لە ناوەندەکەیدا ڕەونەقی ماوە و پارێزراوە؟

هەوڵ درا سەرەداوێک لە هەندێک مادە کە لە لایەن تیمی زیندەناسیی ڤۆستۆک لێکۆڵینەوەی لەسەر کرابوو بدۆزرێتەوە: چەند میکرۆگرامێک مادەی کیمیایی لە ئاوە سەهۆڵبەستووەکەوە وەرگیرا. ئەم مادە کیمیاییە بۆ درێژەدان و جۆراجۆریی ژیان لە هەسارەکەی ئێمەدا زۆر گرنگن و هەڵگری مۆلکیوولی گرنگ لە گەردوونی ناسراودان. ئێمە ئەمە ناوی دەنێین DNA.

گرووپەکە کە لێکۆڵینەوەی لەسەر DNAی ڤۆستۆک کرد لە زانکۆی ویلایەتی بۆلینگ گرین لە ویلایەتە یەکگرتووەکان بوو. بۆ خوێندنەوەی زنجیرەکەی میلیۆنەها پارچە DNAی ڤۆستۆک، ئەوان جۆرێک تەکنەلۆژیای زنجیرەی DNAیان بە کار هێنا کە پێشتر بۆ کردنەوەی نهێنیی جینۆمی مرۆڤ بە کار هاتبوو. لە دواییدا DNAی ڤۆستۆکیان لەگەڵ داتابەیسی DNA زنجیرەکانی جین کە لە جینۆمی هەزاران ئۆرگانیزم خوێنرابوونەوە و لە هەموو زەوی کۆ کرابوونەوە، بەراورد کرد. ئەوەی ئەوان دۆزییانەوە بریتی بوو لەوەی کە زۆر لە زنجیرەکانی ڤۆستۆک هاوشێوە یان یەکسانن بە جینۆمی باکتریاکان، فونگییەکان، ئارسرۆپۆدەکان و بوونەوەرەکانی تر کە لە سەرەوەی سەهۆڵکە دەژین، بە تایبەتی ئەوانەی کە لە دەریاچە سارد و قووڵ و تاریکەکاندان- ئەو ناوەندانەی کە لەوانەیە تۆزێک هاوشێوەی دەریاچەی ڤۆستۆ بێت. هاوشێوەیی ئەم جینانە ئەو هەڵەیان ڕەخساند کە بۆچوون گەلاڵە بێت سەبارەت بە سروشت و خووە ئەگەرییەکانی جۆرەکانی زیندەوەر کە نیشانەی خۆیان لە ژێر سەهۆڵەکەدا بەجێ هێشتووە.

بەڵام لە بیرت بێت زیندەوەرەکانی ڤۆستۆک لە ژێر سەهۆڵدا بۆ ماوەی سەدان هەزار ساڵ حەپسن. هاوشێوەیی زنجیرەی DNAیەکەیان لەگەڵ ئەو گیاندارانەی لە سەرەوەی سەهۆڵەکەدا

دەژین، باوانی هاوبەشیان لەگەڵ ئەو زیندەوەرانە پیشان دەدات کە لە ناو فونگا و فلوراکانی ئەنتاکتیکا دەژیان پێش ئەوەی ژینگەکەیان دابخرێت و لە ژێر سەهۆڵدا دفن ببێت. زنجیرەی جینی ئەم زیندەوەرە کۆنانە کەوابوو بە شێوەی سەربەخۆ، لە سەرە و لە ژێرەوەی سەهۆڵەکە، بۆ هەزاران نەوە یەک لە دوای یەک کۆپی بوون. هێشتا سەرەڕای ئەم زنجیرە ڕووداوە کۆپیبووە، جووت ڤێرژنی هەمان جین تا ڕادەیەکی زۆر لەگەڵ یەکتری یەکسانن. هەر جۆرێک بێت زانیاریی جینێتیکی ئاڵۆز کە ڕوخسار، تایبەتمەندی و ئەرکی زیندوەرەکان دیاری دەکات و لە هەردووی سەرەوە و ژێرەوەی سەهۆڵ دەژین لە ماوەی سەدان و هەزارن ساڵدا بە تەواوەتی دەگوازرێتەوە و بەبێ هیچ هەڵەیەک.

ئەم توانابییەی زانیاریی جینێتیکی کە بە تەواوەتی لە نەوەیەکەوە بۆ نەوەیەکی تر، خۆی دووپات دەکاتەوە — کە ئێمە پێی دەڵێین بۆماوە - هەڵبەتە ڕۆڵی سەرەکی لە ژیاندا دەگێڕێت. جینەکان، کە لە DNAدا نووسراون، پرۆتینەکان بە کۆد دەکەن، کە بە ڕێگەی میتابۆلیسم، هەموو بایۆمۆلکیولێکی هەر خانەیەکی زیندوو، بە بەکارهێنانی ڕەنگدانەکانی ڕۆشنەپێکهاتنی ڕووەکەکان و میکرۆبەکان بۆ وەرگرەکانی بۆن لە ئاژەلاندا یان بزۆکە موگناتیسییە نهێناوییەکان باڵندەکان و هەر شتێکی ئورگانیزمی زیندوو دروست دەکات. زۆر لە زیندەوەرناسەکان لەسەر ئەو باوەڕەن، خۆدووپاتکردنەوە لایەنێکی دیاریکەری ژیانە. بەڵام ئورگانیزمە زیندووەکان ناکرێت خۆیان دووپات بکەنەوە مەگەر ئەوەی سەرەتا توانای ئەوەیان هەبێت، کە نەخشەڕێگەی خۆدووپاتکردنەوەکە کۆپی بکەنەوە. هەر بۆیە پرۆسەی بۆماوە - کۆپیکردنەوەی زۆر وردی زانیاری - ژیان بە مومکین دەکات. لەوانەیە لە بەشی ٢وەوە لە بیرت بێت کە نهێنیی بۆماوەیی - چۆن زانیاریی جینێتیکی دەکرێت سەرکەوتوانە لە نەوەیەکەوە بۆ نەوەیەکی تر بگوازرێتەوە - ئەو مەتەڵە بوو کە ئێروین شرۆدینگێری

هێنایە سەر ئەو ڕایە کە جینەکان شتی کوانتەمی میکانیکین. بەڵام ئایا ئەو ڕاست بوو؟ ئایا ئێمە بۆ بۆماوەیی پێویستە میکانیکیی کوانتەمی بە کار بهێنین؟ ئەمە ئەو پرسیارەیە کە ئێمە ئێستا بۆی دەگەڕێینەوە.

وەفاداری

ئێمە سەرنجمان دایە ڕاستیی توانایی ئۆرگانیزمە زیندووەکان بۆ دووپاتکردنەوەی جینۆمەکەیان بە دروستی. بەڵام لە ڕاستیدا ئەمە یەکێک لە لایەنە بنچینەیی و بەرچاوەکانی ژیان. نرخی کۆپیکردنەوەی هەڵەکان لە دووپاتکردنەوەی DNA کە پێی دەگوترێت بازدان (Mutation)، بە شێوەی ئاسایی لە ١ لە ملیۆن کەمترە. بۆ دەسکەوتنی هەندێک ئایدیای سەرسووڕهێنەر ئاستی ڕاستبینی، ١ ملیۆن پیت و هێما لە فەزای ئەم کتێبەدا لەبەرچاو بگرە. ئێستا لەبەرچاوی بگرە ١٠٠٠ کتێبی هاوقەبارە لە کتێبخانەیەکدا هەبێت، وای دابنێ کارەکەی تۆ بریتییە لەوەی هەموو کاراکتەر و پیت و سپەیسێکی ئەم کتێبانە بە وردی کۆپی بکەیت. وا دەزانیت چەندێک هەڵە دەکەیت؟ ئەم کارە لە لایەن کاتبەکانی سەدەکانی ناوەڕاستەوە ئەنجام دەدرا، ئەوانەی کە پێش داهێنانی چاپ بە باشترین شێوەی کۆپییان دەکرد. هەڵبەت کۆمپیوتەرەکانیش توانای کۆپیکردنی زانیارییان بە پلەی بەرزی وەفادارییەوە هەیە، بەڵام ئەوان ئەمە بە بەکارهێنانی تەکنەلۆژیای دیجیتاڵی ئەلیکترۆنیکی ڕەق دەکەن. وای دابنێ مەشینێکی کۆپیکردن بە مادەی تەڕ و نەرم دروست بکرێت. لە کۆپیکردنی زانیاریدا وا دەزانیت چەندێک هەڵە ڕوو دەدات؟ کاتێک ئەم مادە نەرمە تەڕە یەکێک لە خانەکانی ناو لەش بێت و زانیارییە بەکۆدکراوەکانی ناو DNA بێت ژمارەی هەڵەکان کەمترە لە ١ لەسەر ملیارد.

کۆپیکردن بە وەفاداریی بەرزەوە بۆ ژیان حەیاتییە، چونکە ئاڵۆزیی سەرووئاسایی خانە زیندووەکان کۆمەڵەیەک ڕێنمایی، ئاڵۆزی دەکات بە پێویستی، کە لەودا ١ هەڵەی تەنها لەوانەیە

ئەنجامەکەی شکست بێت. جینۆم لە خانەکانی ئێمە پێک هاتووە لە نزیکەی ٣ ملیارد پیتی جینێتیکی کە ١٥،٠٠٠ جین بە کۆد دەکات، بەڵام جینۆمەکانی تەنانەت سادەترین میکرۆبی خۆدووپاتکەرەوە، وەک ئەوانەی لە ژێر سەهۆڵەکانی ڤۆستۆکدا هەیە، کە پێک هاتووە لە چەندین ١٠٠٠ جینی نووسراو لە ناو چەندین ملیۆن پیتی جینێتیکیدا. هەرچەندە زۆرترینی زیندەوەرەکان ژمارەیەک بازدان لە هەر نەوەیەکدا ئەزموون دەکەن، کە دەبێت بە هۆی ئەوەی ئێمەی مرۆڤ هەندێک پرسمان لە شێوەی نەخۆشیی جینێتیکی بۆ دروست ببێت یان تەنانەت نەوەکانی دواتر تەواو نەبن. هەروەها هەر کاتێک خانەکان لە لەشی ئێمەدا - خانەکانی خوێن، پێست و تا دوایی - دووپات ببێتەوە، دەبێت DNAیەکان کە دەچێتە ناو خانەکانی کچەوە، ئەوانیش دووپات ببنەوە. هەڵە لەم پرۆسەیەدا دەبێت بە شێرپەنجە (شێرپەنجە بە هۆی بازدان لە جینەکاندا کە کۆنترۆڵی گەشەی خانە دەکەن و دەبێت بە هۆی دروستبوونی گەشەی کۆنترۆڵنەکراوی خانە و دروستبوونی لوو) بەڵام بۆ تێگەیشتن لەوەی چۆن میکانیکی کوانتەمی ڕۆڵی ناوەندی لە بۆماوەدا دەگێڕێت، دەبێت سەرەتا بگەڕێینەوە بۆ کەمبریج لە ٢٨ی فیبریوەریی ساڵی ١٩٥٣ کە فرانسیس کریک (Francis Crick) بە ڕاکردن چوو بۆ یانەی ئیگل و ڕای گەیاند ئەو و جیمز واتسۆن (James Watson) "نهێنیی ژیانیان دۆزیوەتەوە". دواتر لە هەمان ساڵدا ئەوان وتارە زانستییە ڕچەشکێنەکەی خۆیان بڵاو کردەوە[65]، کە پەردەی لەسەر ڕێسایەک لا دەدا و شرۆڤەی کۆمەڵێک ڕێسای دەکرد کە ئامادە بوون بۆ وەڵامدانەوەی ئەم ٢ پرسیارە بنچینەییەی ژیان: چۆن زانیارییە زیندەناسییەکان بە کۆد دەبن و چۆن بە بۆماوە دەگوازرێنەوە.

---

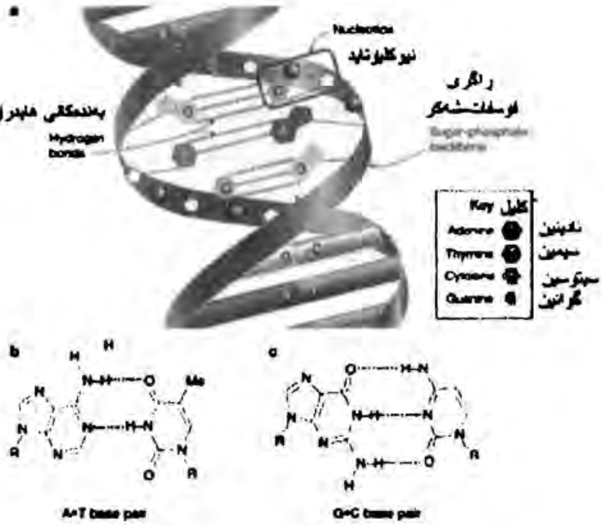
[65] J. D. Watson and F. H. C. Crick, "Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid," Nature, vol. 171 (1953), pp. 737–8.

ئەوەی زۆر جار لە دۆزینەوەکەی کۆدە جینیتیکییەکە جەختی لەسەر دەکریتەوە بریتییە لە لایەنێکی گرنگی دووەمی: DNA ڕێسایەکی دوانیی لووولپێچ لە خۆ دەگرێت. ئەمە بە ڕاستی سەرنجڕاکێش بوو، ڕێسای جوانی DNA بە ڕاستی یەکێکە لە هێما سەرەکییەکانی زانست، کە لەسەر تیشێرت و وێبسایت و تەنانەت تەلارسازی دەبینرێت. بەڵام ٢ لوولپێچەکە لە بنەڕەتدا تەنها پەیکەربەندییەکە. نهێنیی ڕاستەقینەی DNA دەکەوێتە ئەو ناوەی لوولپێچەکە لە خۆی گرتووە.

وەک چۆن لە بەشی ٢دا بە کورتی ئاماژەمان پێ دا، ڕێسای لوولپێچیی DNA (وێنەی ٧:١) بە پاڵپشتیی فۆسفات – شەکرێک (sugar–phosphate) کە هەڵگری پەیامی ڕاستەقینەی DNAیە دروست دەبێت: ژێیە بنچینەییەکانی ترشی ناوکی، گوانین (G)، سیتۆسین (C)، سیمین (T) و ئادینین (A). واتسۆن و کریک تێگەیشتن کە ئەم زنجیرە هێڵییە کۆدێک دروست دەکات- ئەمە هەر ئەوەیە کە پێی دەگوترێت کۆدی جینیتیکی.

لە هێڵی کۆتایی باسە زانستییە مێژووییەکەیاندا، واتسۆن و کریک پێشنیازیان کرد کە ڕێسای DNA چارسەرێک بۆ دووەم نهێنیی ژیان دەخاتە بەردەست: "ئەمە لە پێش چاومان دەرنەدەچوو کە ئەو جووتەی ئێمە گریمانەمان کردبوو، پێشنیازێکی مومکینی خێرای بۆ میکانیزمێکی کۆپیکردنی بۆ مادە جینیتیکییەکان دەکرد." کە زانیاری لەسەر یەکێک لەم لایەنانە - زنجیرەی بەیسەکان - کۆپیی پێچەوانەی لاکەی ترە: Aیەک لەسەر یەکێک لە کۆڵەکان جووتی Tیە، کە لەسەر لاکەی تر Gیەک هەمیشە جووتە لەگەڵ Cیەکدا. جووتەی دیاریکراو لە نێوان تفتە بەرامبەر یەکەکان (جووتێکی A:T یان جووتێکی G:C) لە ڕاستیدا بە هۆی بەندە کیمیاییە لاوازەکانەوە دروست دەبێت، کە پێیان دەگوترێت بەندی هایدرۆجینی. ئەم چەسپە ٢ مۆلکیولە کە لە بنەڕەتدا پرۆتینێکی هاوبەشە لە پاڵ یەکتری

ڕادەگرێت، کە بۆ چیرۆکەکەی ئێمە گرنگە، هەر بۆیە بە کورتی ئێمە سروشتەکەی بە وردکاریی زیاترەوە لەبەرچاو دەگرین. بەڵام لاوازیی بەنـدەکانی نێـوان جـووتەی ڕاگـری DNA بە خێرایـی پێشـنیازی میکـانیزمی کـۆپیکردن دەهێنێـتە ئـاراوە: ٢ سـتوونەکە دەکرێـت لە یەکتـری دوور بـکەونەوە و هەر کـام لەوان وەک نمـوونەیەک بـۆ دروسـتکردنی جـووتەی تەواوکەر و دروسـتکردنی ٢ کـۆپی لە ٢ کۆڵکەی لوولپێچی سەرچاوەیی بە کار بێت. ئەمە بە وردی ئەوەیە کە لە کـاتی دابەشـبوونی خـانەدا لە کـۆپیکردنی جینـدا ڕوو دەدات. ٢ کـۆڵەکەی لـوولپێچە دوانیـیەکە بە زانیـارییە تەواوەکەریـیەکەیەوە لە یەکتـری جیـا دەبـنەوە بـۆ ئەوەی هەل بـدات بە ئەنزیمێـک بە نـاوی پـۆلیمراس (DNA(polymerase بگـات بە هەر کـام لە ٢ سـتوونە جیابووەکە. دواتر ئەنزیمەکە دەگات بە تـاک کۆڵکەیەکی جیـاوەبوو و بە درێژیی زنجیرەی نیوکلاتایدەکاندا دەخزێت و بە خوێندنەوەی هەر پیتێکـی جینێتیکـی و بە نزیکەیـی بە وردبینیـی بـێهەڵەوە، پـایەیەکی تەواوکەر و لە کـۆڵەکە ڕوو لە گەشـەکەدا دادەنێـت: کاتێـک Aیەک دەبینێت یەک دادەنێت، کاتێک G دەبینێت C دادەنێت و هەر بەم شـێوەیە تـا کۆپییە تەواوکەرەکە تەواو دەبێت. ئەم پرۆسـەیە لەسـەر ستوونەکەی تـر دووبـارە دەبێتەوە تـا ٢ کۆپی لە لـوولپێچی دەبڵ لە بەردەستدا دەبێت: هەر کامیان لە ناو خانەیەکی کچدا.



وێنەی ٧:١

ڕێسای DNA: (a) لوولپێچەکەی کریک و واتسۆن پیشان دەدا، (b) داخستنێکی جووت پیتە جینێتیکییەکانی A وT، (c) داخستنێکی جـــــووت پیـــتە جینێتیکییەکـــانی C وG پیشـــان دەدا. لە هەر ٢ نموونەکەدا، بەندەکانی هایدرۆجین - پرۆتۆنە هاوبەشکراوەکان - کە ٢ تفـتەکە پـێکەوە دەبەسـتێتەوە و بە هێڵەخـاڵ پیشـان دراون. لەم جووت تفتە ستاندەرە (کانوونییە) پایەکـان لە فۆرمی ناتـاتۆمیتریی (Non-tautometric) ئاسایی خۆیاندان.

ئەم پرۆسەیە کە بە شێوەیەکی سەرسامکەر سادەیە، ژیان لەسەر هەسـارەکەی ئـێمە دادەڕێژێـت. بەڵام کاتێـک شـرۆدینگێر لە سـاڵی ١٩٤٤دا جەختی لەسـەر دەکردەوە کە پلەی بەرزی وەفاداری بۆماوە ناکرێـت بەپێـی یاسـاکانی کلاسـیکی بێـت- ئەو جەختـی دەکـردەوە جینەکان بۆ ئەوەی ڕێکوپێکیان بەپێی "نەزم لە بێنەزمییەوە" (order from disorder) بێت، زۆر بچووکن، لەجیاتیی ئەوە پێشنیازی کرد

جینەکان دەبێت بە شێوەی کریستاڵی ناخولی (aperiodic crystal) بن. ئایا جینەکان کریستاڵی ناخولین؟

کریستاڵەکان وەک دانەکانی خوێ، ڕوخساری دیاریکراویان هەیە. کریستاڵی کلۆرایدی سۆدیۆم (خوێی ئاسایی) بە شێوەی کیوبن (Cube)، لە کاتێکدا مۆلکیولەکانی ئاو لە سەهۆڵدا بە شێوەی ئاوێزەی شەشپاڵوون (hexagonal prisms)، کە بە شێوەی سەرسوورهێنەر لە دانەکانی بەفرەوە شێوەی جۆربەجۆر وەردەگرن. ئەم ڕوخسارانە بە هۆی ئەو ڕێگایانەوەن کە مۆلکیولەکان لە ناو کریستاڵدا دەپەستێنرێنە پاڵ یەکتری، هەر بۆیە لە کۆتاییدا بە هۆی یاساکانی کوانتەمەوە دیاری دەکرێن، کە ڕوخساری مۆلکیولەکە دیاری دەکات. بەڵام کریستاڵە ستاندەرەکان هەرچەندە بە شێوەیەکی بەرز ڕێکوپێکن، هەڵگری زانیاریی بەکۆدکراوی زۆر نین، چونکە یەکە دووبارەبووەکان هەموویان وەک یەکن – تا ڕادەیەک وەک شێوازی کاغەزی دیواری – بۆیە یاسایەکی سادە دەکرێت هەموویان ڕوون بکاتەوە. ئەمە بوو هۆی ئەوەی شرۆدینگێر پێشنیازی کرد جینەکان بە شێوەی کریستاڵی ناخولی بن: ئەمە بریتییە لە کریستاڵێک بە ڕێسای مۆلکیولی دووبارەوەبووی هاوشێوە بە کریستاڵە ستاندەرەکان، بەڵام بە هەندێک ڕێگە ڕێک خراوە، بۆ نموونە بە مەودای پیریۆدی جیاواز (واتە ناپیریۆدی) لە نێوان دووبارەبوونەکان یان جیاوازیی ڕێساکان لە دووبارەبووەکاندا- هاوشێوەی جیاوازیی نێوان کاغەزەدیواری قوماشی چنراوی سەر موبلەکان (tapestry). ئەو پێشنیازی کرد کە ئەم ڕێسا دووبارەبوانە زانیاریی جینێتیکی بە کۆد دەکەن و ئەمە هاوشێوەی کریستاڵەکان، نەزمەکەیان لە ئاستی کوانتەمیدا بە کۆد دەبێت. وەبیرت بێتەوە کە ئەمە دەیەیەک پێش واتسۆن و کریک بووە: ساڵەها پێش ڕێسای جینێک یان تەنانەت ئەوەی جین لە چی دروست بووە، ناسراو بوو.

ئایا شرۆدینگێر ڕاست بوو؟ خاڵێکی زەق بریتییە لەوەی کە کۆدی DNA بە ڕاستی لە ڕێسای دووبارەوە بوو (پێریۆدی) دروست بووە - پایەکانی DNA - کە ناپێریۆدییە ئەگەر بەو دیدەوە سەیر بکرێت کە هەر یەکەیەکی دووبارەوەبوو دەکرێت بە یەکێک لە ٤ پایەکان داگیر کرابێت. جین بە ڕاستی کریستاڵی ناپێریۆدین، هەر بەو شێوەیەی کە شرۆدینگێر پێشبینیی کردبوو. بەڵام کریستاڵە ناپێریۆدییەکان مەرج نییە حەتمەن زانیارییەکان لە ئاستی کوانتەمیدا بە کۆد بکەن: دەنکۆڵەیەکی نارێکوپێک لەسەر پلێتێک کە بۆ نموونە لە کریستاڵی خوێی زیوین دروست بووە و کوانتەمی نین. بۆ ئەوەی بزانین شرۆدینگێر ڕاست بووە سەبارەت بە کوانتەمیبوونی جینەکان، دەبێت قووڵتر لە بەیسەکانی DNA بڕوانین، بە تایبەتی لە سروشتی جووت بەندە تەواوکەرەکان، T بۆ A و C بۆ G.

جووتەی DNA کە کۆدە جینێتیکییەکان ڕادەگرێت، ڕیشەکەی لە بەندە کیمیاییەکاندایە کە پایە تەواوکەرەکان پێکەوە ڕادەگرێت. وەک پێشتر باسمان کرد، ئەم بەندانە کە پێیان دەگوترێت بەندی هایدرۆجینی، پێک هاتوون لە تاک پرۆتۆنێک، لە بنەڕەتدا ناوکی ئەتۆمەکانی هایدرۆجین، کە لە نێوان ٢ ئەتۆمدا هاوبەش دەبێت، یەکێک لە هەر کام لە تفتە تەواوکەرەکان لەسەر ڕاگرە تەواوکەرەکان: ئەمە ئەوەیە کە جووت تفتەکان لە لای یەکتری ڕادەگرێت (وێنەی ٧:١). پایەی A ناچارە جووتی پایەی T بێت، چونکە هەر کام لە Aیەکان پرۆتۆنەکان بە وردی لە شوێنە دروستەکان بۆ دروستکردنی بەندەکانی هایدرۆجینی بە T جێگیر دەبن. پایەی A ناکرێت لەگەڵ C جووت ببێت، چونکە پرۆتۆنەکان لە شوێنە دروستەکاندا بۆ دروستکردنی بەند جێگیر نابن.

ئەم جووتبوونەی تفتە نیوکلایدە بە هۆی پرۆتۆنی نێوانگرەوە کۆدی جینێتیکییە کە دووپات دەبێتەوە و دەگوازرێتەوە بۆ نەوەی دواتر. ئەمە تەنها گواستنەوەی زانیاری نییە- وەک پەیامێک کە

سەردەمێک لەسەر کاغەزێک نووسرابێت و دوای بەکارهێنانی فڕێ بدرێت. کۆدی جینێتیکی دەبێت بە بەردەوامی بە درێژیی ژیانی خانەکە بخوێنرێتەوە بۆ ئاڕاستەکردنی مەشینی دروستکەری پرۆتین بۆ ئەوەی بزوێنەرەکانی ژیان، واتە ئەنزیمەکان دروست بکرێن و بەم شێوە هاوئاهەنگی لە نێوان هەموو چالاکییەکانی خانەدا دروست ببێت. ئەم پرۆسەیە لە لایەن ئەنزیمێکەوە ئەنجام دەبێت کە پێی دەگوترێت RNAی پۆلیمراس (Polymerase) کە هاوشێوەی پۆلیمیراسی DNA، شوێنی کۆدەکانی پرۆتین بە درێژیی زنجیرەی DNA دەخوێنێتەوە. ڕێک وەک واتای پەیامێک یان دارشتنی کتێبێک بە شێوەی ڕێکخستنی پیتەکانە لە شوێنەکانیان لەسەر لاپەڕەیەک، بۆیە شوێنی پرۆتینەکان لەسەر ۲ لوولپێچەکە چیرۆکی ژیان دیاری دەکات.

فیزیایی سویدی پیر ئۆلۆف لۆدوین (Per-Olov Löwdin) یەکەم کەس بوو ئاماژەی بەوە کرد کە وا دەردەکەوێت کە شوێنی پرۆتۆنەکان بە یاساکانی کوانتەم دیاری دەکرێن نەک کلاسیک. هەر بۆیە کۆدە جینێتیکییەکان کە ژیان مومکین دەکەن، بە ناچاری دەبێت کۆدی جینێتیکی بن. شرۆدینگێر ڕاست بوو: جینەکان بە شێوەی پیتی کوانتەمی نووسراون و وەفاداریی بۆماوەیی لەجیاتیی یاسا کلاسیکییەکان بە یاسای کوانتەمی دیاری دەکرێت، ڕێک وەک چۆن ڕوخساری کریستاڵێک لە کۆتاییدا بە یاساکانی کوانتەم دیاری دەکرێن، ڕوخساری لوتت، ڕەنگی چاوەکانت و لایەنەکانی کەسایەتیت بە یاساکانی کوانتەم دیاری دەکرێن کە لە ناو ڕێسای مۆلکیوڵی DNAیدا کار دەکەن و تۆ لە دایکوباوکتەوە بە بۆماوە پێت دەگات. وەک شرۆدینگێر پێشبینیی دەکات، ژیان بە ڕێگەی نەزم کار دەکات و هەموو ڕێسا و ڕەفتاری هەموو زیندەوەرەکان دەگەڕێتەوە بۆ شوێنی پرۆتینەکان بە درێژیی ڕاگرەکانی DNA – ڕێکوپێکی لە ڕێکوپێکییەوە – ئەمە ئەو ڕێکوپێکییەیە کە بەرپرسە لە وەفاداریی بۆماوەیی.

بەڵام تەنانەت دووپاتکەرە کوانتەمییەکان هەندێک جار هەڵە دەکەن.

ناوەفاداری (Infidelity)

ژیـان ناکرێـت لەسـەر هەسـارەکەمان پەرە بسـێنێت و لەگەڵ ئەو هەمـوو تەحەدایەدا بگونجێـت، ئەگەر پرۆسـەی کـۆپیکردنی کـۆدە جینیتییەکـان هەمیشـە دروسـت بێـت. بـۆ نمـوونە ئەو میکرۆبـانەی هەزاران ساڵ لەوەوپێش لەو پلە گەرمییەی دەریاچەکانی ئانتارکتیک مەلەیان دەکرد، توانیبوویـان خۆیـان لەگەڵ ژیـان لە ناوەندی ڕوونـاک و گەرم بگونجێنن. کاتێک بنمیچی سـەهۆڵین جیهانەکەیانی داپۆشـی، ئەو میکرۆبانەی کە جینۆمەکانیان بە ١٠٠% وەفادارییەوە کۆپی کرا، بە دڵنیـــاییەوە بە نزیکەیـــی هەموویـــان تیـــاچوون. بەڵام زۆر لە میکرۆبەکان هەندێک لە کۆپیکردنی پرۆسـەکەدا هەڵەیان کرد و کـچە بازدراوەکانیان بە تۆزێک جیاوازییەوە لە خۆیان بەرهەم هێنا.

ئەم کچانە کە جیاوازییەکەیان باشتر ئامادەیان دەکات بۆ ئەوەی لە ناوەنـدێکی سـاردتر و تـاریکتر ڕزگاریـان ببێـت، بەرە بەرە گەشـە دەکەن، لە مـــاوەی هەزاران ســـاڵ ڕووداوی کـــۆپیکردنی نـــاتەواو، نەوەکـانی دواتری ئەم میکرۆبـانەی کە کەوتـوونەتە داوەوە، بە باشـی لەگەڵ ژیان لە ناو دەریاچە حەپسبووەکە دەگونجاند.

جـارێکی تـر، ئەم پرۆسـەی گونجـانە بە ڕێـگەی بـازدان (هەڵەی دووبـارەکردنەوەی DNA) لە نـاو دەریـاچەی ڤۆسـتۆک بـریتییە لە وردەجیهانێـک لە پرۆسـەکان کە لەسـەر هەمـوو زەوی بـۆ مـاوەی ملیاردەهـا سـاڵ ڕوویـان داوە. زەوی زۆر کارەسـاتی گەورەی بە درێژیـی مێـژووە دووروودرێـژەکەی بەسـەردا هـاتووە، لە بورکـانە بەهێزەکـانەوە بـۆ سـەهۆڵبەندان و بەرکەوتنـی نەیـزەک. ژیـان ئەگەر گونجـان بە ڕێـگەی لەبەرگـرتنەوە و کۆپیکردنی هەڵاویـیەوە نەبـوایە، دەسـڕایەوە. ئەوەی بە ڕاسـتی گـرنگە، بـریتییە لەوەی بازدانەکـان وەگەڕخەری گۆڕانە جینێتیکییەکـانن، میکـرۆبە سـادەکانی کە لەسـەر هەسارەکەمان پەرەیان سەندبوو، گۆڕیی بۆ ئەم جۆراجۆرییە زۆرەی

ئێستای ژیان. ناوەفادارییەکی بچووک بە هۆی کاتی پێویستەوە ڕێگەیەکی دووردرێژ دەبڕێت.

ئێروین شرۆدینگێر لەگەڵ ئەوەی پێشنیازی کرد میکانیکی کوانتەمی سەرچاوەی وەفاداریی بۆماوەییە، لە کتیبەکەی لە ساڵی ١٩٤٤دا (ژیان چییە؟) پێشنیازێکی تریشی زەق کردەوە. ئەو ئەم گریمانەبابەتەی هێنایە ئاراوە کە بازدان لەوانەیە پیشاندەری جۆرێک بازادانی کوانتەمی لە ناو جینەکەدا بێت. ئایا ئەمە ڕاستە؟ بۆ وەڵامدانەوە بەم پرسیارە، پێویستە سەرەتا پشکنین بۆ گەنگەشەیەک لە ناو دڵی تیۆریی پەرەسەندن بکەین.

زەڕافە، لۆبیا، مێشی میوە

زۆر جار دەگوترێت کە پەرەسەندن لە لایەن چارلز داروینەوە دۆزرایەوە، بەڵام ئەو ڕاستییەی کە ئورگانیزمەکان بەپێی سەردەمی جیۆلۆجی گۆڕاون بۆ سروشتناسەکان، لانیکەم لە سەدەیەک پێش داروینەوە ناسراو بوو، ئەویش بە ڕێگەی لێکۆڵینەوە لەسەر بەبەردبووەکان بوو. لە ڕاستیدا باپیری چارلز، ئەراسموس داروین (Erasmus Darwin) پەرەسەندنگەرایەکی سەرسەخت بوو. بەڵام لەوانەیە ناسراوترین تیۆریی پەرەسەندنی پێش داروین، لە لایەن خانەدانزادەیەکی فەڕەنسی بە ناوی زۆر دووردرێژی ژیۆن باپیتیست پیەغ ئانتوان دۆ مۆنت شیڤاییە دۆ لامارک (Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck) پێشکەش کرابێت. لە ساڵی ١٧٤٤دا وەک ڕاهیبێکی قەشە بار هێنرا، بەڵام دوای مردنی باوکی پارەی پێویستی وەک میرات پێ گەیشت بۆ ئەوەی ئەسپێکی پێ بکڕێت و بڕیاری دا ببێت بە سەرباز و بەشداریی جەنگی پۆمیرانین (Pomeranian) لە دژی پرووس بکات. پیشە سەربازییەکەی بە هۆی برینداربوونەوە کورت بوو، هەر بۆیە گەڕایەوە بۆ پاریس و بوو بە کاتبی بانک. لە هەمان کاتیشدا

لێکۆڵینەوەی لەسەر ڕووەکناسی و پزیشکی لە کاتە بەتاڵەکانیدا دەکرد. ئەو سەرئەنجام کارێکی وەک یاریدەدەری ڕووەکناسی لە باخی شاهانە (Jardin du Roi) دەست کەوت، لەوێ بوو تا ئەو کاتەی شۆڕش سەری دامەزرێنەرەکەی لێ کردەوە. بەڵام لامارک لە دوای شۆڕشی فەڕەنسا گەشەی کرد، کورسییەکی لە زانکۆی پاریس دەست کەوت، کە لەوێ ئاراستەی توێژینەوەی لە ڕووەکەکانەوە گۆڕیی بۆ بێبڕبڕەدارەکان.

لامارک یەکێکە لە زانا گەورە زۆر کاریگەرەکان، لانیکەم لە جیهانی ئانگلۆ - ساکسۆن (Anglo-Saxon). هەروەها چەمکی بایۆلۆجی (لە وشەی یۆنانیی bios بە واتای ژیان) بە کار هێنا. نیو سەدە پێش داروین ئەو تیۆرییەکی پەرەسەندنی هێنایە ئاراوە کە میکانیزمێکی گونجاوی بۆ گۆڕانی پەرەسەندنی پێشکەش دەکرد. لامارک ئاماژە دەدات بەوەی کە زیندەوەرەکان توانایی گۆڕانی جەستەیان بۆ وەڵامدانەوە بە ناوەند لە ماوەی ژیانیان هەیە. بۆ نموونە وەرزێرەکان کە خوویان گرتووە بە کاری جەستەیی قورس، بە گشتی جەستەیان ماسولکاویترە لە کاتبی بانک. لامارک لە دواییدا وای دانا کە ئەم گۆڕانە پەوەستە بە شێوەی بۆماوە بە ڕێگەی گۆڕانی پەرەسەندنی بگوازرێتەوە بۆ نەوەکانی دواتر. ناسراوترین و گاڵتەجاڕترین نموونەش، وێناکردنی بزنەکێوی بوو کە ملی بەرەو گەڵاکانی سەر درەختەکان درێژ دەکات. لامارک وای دانا نەوەکانی بزنەکێوی ئەم سیفەتە دەسکەوتووەی ملی درێژیان بە میرات دەست کەوتووە و بێچووەکانیشیان ئەم سیفەتە لەگەڵ خۆیان دەبەن تا ملیان بە ڕادەی ملی زەڕافە درێژ دەبێت.

تیۆریی لامارکی گۆڕانی خۆگونجانی بە بۆماوە پێگەیشتوو، بە گشتی لە جیهانی ئانگلۆساکسۆن گاڵتەی پێ دەکرا، چونکە نموونەی زۆر هەیە کە پیشانی دەدا کە ئەم سیفەتە بەدەستهاتوانە لە ماوەی ژیانی گیانداراندا بە گشتی بە بۆماوە ناگوازرێتەوە. بۆ نموونە

سپییێستەکانی باکووری ئەورووپا کە چەند ساڵ لەوەوپێش بۆ ئوستورالیا کۆچیان کردووە، بە گشتی ئەگەر ماوەیەکی زۆر لە دەرەوەی ماڵ بن، ڕەنگیان دەگۆڕرێت بە برۆنزە، بەڵام منداڵەکانیان وەک ئەژدادیان سپییێست دەبن. گۆڕانی خۆگونجێنەر بە هۆی ڕووناکیی بەتینی خۆرەوە، واتە برۆنزەبوون بە ڕوونی بە بۆماوە ناگوازرێتەوە. هەر بۆیە دوای بڵاوبوونەوەی کتێبی سەرچاوەی جۆرەکان (On the Origin of Species) لە ١٨٥٩دا، تیۆریی پەرەسەندنی لامارکی لە لایەن تیۆریی داروینی هەڵبژاردنی سروشتییەوە (Natural Selection) وەلا نرا.

(هەڵبەت وا دیارە ئەمە دەکرێت بە ئاسانی ناوی تیۆریی هەڵبژاردنی سروشتیی لێ بنرێت، دوای ئەوەی سروشتناسی گەورەی بەریتانی و جوگرافیناس ئاڵفرێد ڕەسڵ والاس (Alfred Russel Wallace) لە ماوەی تای مالاریا و لە گەشتکردن لە ناوچەکانی گەرمەسێر، بە نزیکەیی هەمان ئایدیای داروینیی هێنایە ئاراوە).

ڤێرژنە داروینییەکەی پەرەسەندن کە لە ئەمڕۆدا جەختی لەسەر دەکرێتەوە- بیرۆکەی ڕزگابوونی گونجاوترین لەگەڵ ئەوەی سروشت حەزی لێ نییە، کەمتر گونجاوەکان ڕزگاریان ببێت و وەچە بخەنەوە. بەڵام هەڵبژاردنی سروشتی تەنها نیوەی چیرۆکی پەرەسەندنە. بۆ ئەوەی پەرەسەندن سەرکەوتوو بێت، هەڵبژاردنی سروشتی پێویستی بە سەرچاوەیەکی گۆڕانە بۆ ئەوەی چالاکیی تێدا بکات. ئەمە بۆ داروین مەتەڵێکی گەورە بوو، چونکە وەک پێشتر دۆزیبوومانەوە، بۆماوە سیفەتەکەی بریتییە لە پلەی بەرزی وەفاداری. ئەمە لەوانە نییە بە خێرایی لەو ئورگانیزمانەدا دەربکەوێت کە بە شێوەی سێکسی زیاد دەبن، تا لە دایکوباوکیان جیاواز بن، بەڵام زاوزێی سێکسی تەنها گۆڕانی سیفەتەکانی دایکوباوکانە بۆ دروستکردنی نەوە. لە ڕاستیدا لە سەرەتای سەدەی ١٩دا بە گشتی باوەڕ وا بوو کە تێکەڵکردنی سیفەتەکان لە زاوزێی سێکسیدا وەک

تێکەڵکردنی ڕەنگەکان وایە. ئەگەر تۆ چەند سەد قوتوو ڕەنگ بە ڕەنگی جیاوازەوە بێنیت و نیوەی یەکێکیان لەگەڵ نیوەی ئەوی تریان تێکەڵ بکەیت و ئەم کارە هەزاران جار دووبارە بکەیتەوە، لە کۆتاییدا چەند قوتووی ڕەنگی خۆڵەمێشیت دەبێت: جیاوازیی تاکی بەرەو تێکەڵبوون و نزیکبوونەوە لە تێکڕای حەشیمەت دەگۆڕرێت. بەڵام داروین پێویستی بەو گۆڕانەیە کە بەردەوام کۆ ببێتەوە، ئەگەر ئەمە سەرچاوەی گۆڕانی پەرەسەندنی بێت، دەبێت لە ڕاستیدا لێی زیاد ببێت.

داروین بڕوای وابوو کە پەرەسەندن بە بەکارهێنانی هەڵبژاردنی سروشتی لەسەر گۆڕانی بچووکی بۆماوەیی زۆر بە هێواشی بەرەو پێشەوە دەچێت.

هەڵبژاردنی سروشتی دەکرێت تەنها بە هۆی پاراستن و خڕکردنەوەی گۆڕانە وردە زۆر بچووکە بە بۆماوە گوازراوەکان بێتە ئاراوە، هەر کامیان ئەگەر پاراستنیان سوودی هەبێت، وەک چۆن زەویناسیی نوێ لە هەڵکۆڵینی دۆڵە گەورەکان ئەو دیدگایانەی سڕیوەتەوە کە باسی تاکتۆفانێکی نووح دەکەن، هەر بۆیە هەڵبژاردنی سروشتی، ئەگەر پرەنسیپێکی ڕاست بێت، ئەو دیدگایانە دەسڕێتەوە کە بڕوایان وایە خەڵقی بوونە نوێیە زیندووەکان بەردەوامە، یان گۆڕانێکی لەپڕ و گەورە لە ڕێساکانیاندا ڕوو دەدات[٦٦].

بەڵام سەرچاوەی ئەم مادە خاوە بۆ پەرەسەندن - گۆڕانکاریی بۆماوەیی زۆر ورد - نهێنییەکی گەورە بوو. شتی سەیر و شاز بە تایبەتمەندیی بۆماوەیی لە سەدەی ١٩ بۆ زیندەوەرناسەکان ناسراو بوو: بۆ نموونە، پەزێک بە پێی زۆر کورتەوە لە کێڵگەیەکی نیوئینگلاند لە کۆتایی سەدەی ١٨ لە دایک بوو، بوو بە بەرنامەیەک بۆ بەرهەمهێنانی پەزی پێکورتی جۆراجۆر بە ناوی ئانکۆن(Ancon) کە بەخێوکردنی ئاسانتر بوو، چونکە ناتوانن لە هەرزاڵەوە باز بدەن. بە هەرحاڵ، داروین بڕوای وابوو کە ئەم شازانە ناکرێت بەرهەمی

[66] C. Darwin, On the Origin of Species, ch. 4.

پەرەسەندن بن، چونکە گۆڕانەکەیان زۆر گەورەیە، زۆر جار بوونەوەری سەیریان لێ دەکەوێتەوە کە ناکرێت لە ژیانی کێویدا ڕزگاری ببێت. داروین ناچار بوو سەرچاوەیەکی بچووکتر و کەمتر دراماتیک بدۆزێتەوە، کە گۆڕانکاریی بۆماوەیی بە گۆڕانکاریی زۆر بچووکەوە بۆ تیۆرییەکەی بخاتە بەردەست. لە ڕاستیدا ئەو بە درێژیی ژیانی هەرگیز نەیتوانی ئەم کێشەیە چارەسەر بکات. لە ڕاستیدا لە چاپی دواتری سەرچاوەی جۆرەکاندا، تەنانەت گەڕایەوە بۆ فۆرمێک لە تیۆریی پەرەسەندنی لامارکی بۆ دروستکردنی گۆڕانی بچووکی بۆماوەیی.

بەشێک لە چارەسەرەکە پێشتر لە ماوەی ژیانی داروینداا لە لایەن قەشەی چیکی و چێنەری ڕووەک، گریگۆر مەندەل (Gregor Mendel) بوو، کە ئێمە لە بەشی ٢دا بەرکەوتنمان لەگەڵی هەبوو. تاقیکردنەوەکانی مەندەل بە پۆڵکە (peas) شرۆڤەی ئەوەی دەکرد، کە گۆڕانکاریی بچووک لە ڕوخسار یان ڕەنگ بە ڕاستی بە بەردەوامی بە بۆماوە دەگات: ئەمە زۆر گرنگە، ئەم سیفاتەنە ئاوێتەیی نین، بەڵام نەوە لە دوای نەوەی دروست، دروست دەکەن، هەرچەندە زۆربەی نەوەکان ئەو سیفەتانەیان تێدەپەڕاند ئەگەر زاڵ نەبوایەتن. مەندەڵ پێشنیازی کرد کە فاکتەرە بۆماوەییەکان کە ئێستا ئێمە پێیان دەڵێین جین، سیفەتە بایۆلۆجیکییەکان بە کۆد دەکەن و ئەمانە سەرچاوەی گۆڕانکاریی بایۆلۆجیکین. هەر بۆیە لەجیاتیی بینینی زاوزێی سێکسی، بەپێی تێکەڵکردنی ٢ قوتووی ڕەنگ، بیر لە قاپێکی پڕ لە هەڵماتی ڕەنگاوڕەنگ و جۆراجۆر بکەرەوە. هەر نەوەیەکی تێکەڵە نیوەی هەڵماتەکانی ئەم قوتووە لەگەڵ نیوەی هەڵماتەکانی نیوەکەی تر تێکەڵ دەکرێت. بە شێوەی بنەڕەتی تەنانەت دوای هەزاران نەوە، تاکەهەڵماتەکان ڕەنگە دیاریکراوەکانی خۆیان دەپارێزن وەک چۆن سیفەتەکان لەوانەیە بەبێ گۆڕان سەدان یان هەزاران نەوە بگوازرێتەوە. جینەکان بەم ڕێگەیە سەرچاوەیەکی نەگۆڕی گۆڕان دروست دەکەن کە بەپێی هەڵبژاردنی سروشتی کار دەکات.

کارەکانی مەندەڵ بە زۆری لە ماوەی ژیانیدا فەرامۆش کرابوو، تا ئەو جێگەیەی دەزانین، داروین ئاگاداری تیۆرییەکەی مەندەڵ "فاکتەرەکانی بۆماوە" و توانایییەکەی لە چارەسەری مەتەڵی تێکەڵکردنی سیفەتەکانی دایکوباوک نەبوو. هەر بۆیە پرسی دۆزینەوەی سەرچاوەی گۆڕانی بۆماوەیی کە دەبێت بە هۆی پەرەسەندن، لە پشتگیریی تیۆریی پەرەسەندنی داروینی، تا کۆتایی سەدەی ١٩ دابەزاند. بەڵام لەگەڵ دەستپێکی سەدەی نوێدا، ئایدیاکانی مەندەڵ لە لایەن چەندین ڕووەکناسەوە جارێکی تر پێداچوونەوەی بۆ کرا. بە لێکۆڵینەوە لە موتوربەکردنی ڕووەک، ئەو یاسایانە دۆزرایەوە کە فەرمانڕەوایی لەسەر گۆڕانی بۆماوە دەکەن. وەک هەموو زانا باشەکان کە وا دەزانن شتێکی نوێیان دۆزیوەتەوە، پێش ئەوەی دۆزینەوەکەیان بنێرن بۆ بڵاوبوونەوە بە ناو ئەدەبیاتی زانستیدا گەڕان و سەرسام بوون بەوەی بینییان یاساکانی بۆماوە چەندین دەیە پێشتر لە لایەن مەندەڵەوە باس کراوە.

دۆزینەوەی دووبارەی فاکتەرەکانی مەندەڵ، کە ئێستا ناوی جینی (gene) لێ نرابوو، چارەسەرێکی بۆ مەتەڵی ئاوێتەی داروین پێشکەش دەکرد، بەڵام ئەوان بە خێرایی مەتەڵی ئاوێتەبوونەکەی داروینیان بۆ دۆزینەوەی سەرچاوەی سەرەکیی گۆڕانی جینێتیکی کە پێویستە بۆ پاساوی گۆڕانی پەرەسەندنی درێژمەودا، چارەسەر نەکرد، چونکە وا دیار بوو جینەکان بە گۆڕانکاری لە دەرەوە دەگۆڕێن (وشەی "جینێتیک" (genetics) لە ساڵی ١٩٠٥دا لە لایەن ویلیام باتیسۆن (William Bateson) جینێتیکناسی ئینگلیزی و لایەنگرێکی ئایدیاکانی مەندەڵ هاتە ئاراوە؛ وشەی "جین" ٤ ساڵ دواتر لە لایەن ڕووەکناسی دانیمارکی ویلهم جانسنەوە (Wilhelm Johannsen) پێشنیا زکرا بۆ جیاوازیکردن لە نێوان دەرکەوتەی دەرەوەی (فینۆتایپ - phenotype) تاکێک و جینەکەی (جینۆتایپەکەی - genotype). ئەم گرێکوێرەیە لە لایەن ئەو

ڕووەکناســەوە کە جـارێکی تـر جینێتـیکە مەنـدەڵییەکەی دۆزیـیەوە، کـرایەوە. هۆگـۆ دۆ ڤـاریس (Hugo de Vries)، کاتێـک لە نـاو کێڵگەیەکی پەتاتەدا پیاسەی دەکرد، جۆرێکی بە تەواوەتی نوێی گوڵی زەردی کەمڕەنگـــــی (Promise) ئۆینۆســــــیرا لامارکیانـــــــای (Oenothera lamarckiana) دۆزیـیەوە، کە درێژتـر بــوو لە ڕووەکە ئاساییەکە و پەڕەی گوڵەکەی لە چاوی گوڵە شـێوەدڵییەکانی تـر، شـێوەی هێلەکەیـی هەبـوو. ئەو ئەم گـوڵە بە بـازدراو (mutant) تێگەیشـت و لەوەش گرنگتـر، ئەو پیشـانی دا کە سیفەتە بازدراوەکـان دەگوازرێتەوە بۆ نەوەی ڕووەکەکە، بۆیە ئەوان دەبن بە بۆماوە.

گەورەترین جینێتیکزان ناوی تۆمـاس هونت مۆرگانە (Thomas Hunt Morgan)، لە سـاڵانی سـەرەتای ١٩٠٠ لێکـۆڵینەوەی لەسـەر بـــازدانەکەی دۆ ڤــاریس لە نـــاو تـــاقیگەکەی زانکـــۆی کۆڵۆمبیـــا، بە بەکارهێنـانی مێشـی مێـوەی کارلەسـەرکراو، کـرد. ئەو و تـیمەکەی لە چالاکییەکانـدا ترشــە تونـدەکان، گوررزەکـانی X و ژەهریـان دەدا لە مێشـەکان بـۆ ئەوەی بـازدان دروسـت ببێـت. سـەرئەنجام لە سـاڵی ١٩٠٩دا مێشێک لە قۆزاخەکەی هاتە دەرەوە کە چاوەکانی شـین بـوو، تـیمەکە شـرۆڤەیان کـرد وەک ڕوخســارە ســەیرەکەی گـوڵە زەردە ڕەنگپەڕیوەکەی دۆ ڤاریس، سیفەتی بازدانی جینی مەندەڵی هـاتووەتە ئاراوە.

لێکدانی هەڵبژاردنی سروشـتیی داروین لەگەڵ جینێتیکی مەندەڵی، سـەرئەنجام گەیشـت بەوەی کە زۆربەی کـات ناسـراوە بە شـیکاریی نیــوداروینزمی (neo-Darwinian synthesis). بــازدان وەک سـەرچاوەی کۆتـایی گۆڕانکـاریی جینێتیکیـی بۆمـاوە ناسـێنرا، کە زۆرتریـنی جارەکـان کـاریگەرییەکەی بچـووکە و هەنـدێک جـاریش زیانبەخشــە، بەڵام زۆربەی جـار خۆگـونجێنەرترە لە باوانەکـان. لە دواییدا پرۆسەی هەڵبژاردنی سروشـتی دێتە نـاوەوە و بـازدانە کەمتر گونجاوەکـان لە حەشـیمەتەکە دەسـڕێتەوە، لە کاتێکـدا هەڵـدەدا بە

گۆڕانە زۆرتر سەرکەوتووەکان بۆ ئەوەی ڕزگاریان ببێت و زیاد ببن. سەرئەنجام بازدانە زۆر گونجاوەکە دەبێت بە ئاسایی و پەرەسەندن بە ڕێگەی "هێشتنەوە و پاراستنی گۆڕانە زۆر بچووکە بۆماوەییەکان" دێتە ئاراوە.

بەشێکی سەرەکیی شیکاریی نیوداروینیزم ئەو پرەنسیپەیە کە بازدانەکان بە شێوەی هەڕەمەکی ڕوو دەدەن؛ گۆڕانەکان بە وەڵامدانەوە بە ١ گۆڕانی ژینگەیی ڕوو نادەن. هەر بۆیە کاتێک ژینگە دەگۆڕرێت، جۆرێک ناچارە بۆ ڕوودانی بازدانێکی دروست ماوەیەکی زۆر چاوەڕێ بکات- تا بە ڕێگەی پرۆسە هەڕەمەکییەکان بازدان بێتە ئاراوە و گۆڕان دروست ببێت. ئەمە بە پێچەوانەی ئایدیای لامارکییە بۆ پەرەسەندن، کە پێشنیاز دەکات لەجیاتیی گونجانی بۆماوەیی، گۆڕانکاری بە وەڵامدانەوە بە تەحەدایەکی ناوەندی ڕوو دەدات و دواتر دەبێت بە بۆماوە- وەک درێژبوونەوەی ملی زەڕافە.

لە سەرەتای سەدەی ٢٠دا، هێشتا ڕوون نەبوو کە بازدانە شیاو بۆ بوون بە بۆماوە بە شێوەی هەڕەمەکی ڕوو دەدەن، وەک چۆن نیوداروینییەکان بڕوایان وابوو، یان لە وەڵامدانەوە بە تەحەدا ژینگەییەکان دێتە ئاراوە، وەک چۆن لامارکییەکان بڕوایان وابوو. لە بیرتان بێت کە مۆرگان ژەهری کیمیایی یان تیشکی لە مێشەکانی دەدا بۆ ئەوەی بازدان دروست ببێت. لەوانەیە بۆ وەڵامدانەوە بە تەحەدا ژینگەییەکان، مێشەکان گۆڕانکاریی نوێ دروست بکەن کە یارمەتییان دەدات لە کێشە ژینگەییەکان ڕزگاریان ببێت. هاوشێوەی زەڕافەکەی لامارک، ئەوانیش بە هاوشێوەیی ملیان درێژ ببێتەوە و ئەم سیفەتە سازگارییە بۆ نەوەکانی دواتر وەک بازدانێکی بۆماوە بگوازنەوە.

تاقیکردنەوەیەکی کلاسیکی لە لایەن سالڤادۆر لوریا (Salvador Luria) سەرپەرشتیاری دکتۆراکەی جیمز واتسۆن (James Watson) و ماکس دیلبروک (Max Delbrück) لە ساڵی ١٩٤٣دا لە زانکۆی ئیندیانا بۆ هەڵسەنگاندنی تیۆرییە ڕکەبەرەکان ئەنجام درا.

ئەم جارە لەجیاتیی مێشی میوە باکتریا وەک بابەتێکی سەرنجڕاکێش بۆ لێکۆڵینەوەی پەرەسەندنی لەبەرچاو گیرا، چونکە لە تاقیگەدا گەشەیان خێرایە و لە ماوەیەکی کەمدا چەندین نەوە دەخەنەوە. ئەوە زانرابوو کە باکتریا لە لایەن ڤایرۆسەوە ئالوودە دەبێت، بەڵام ئەگەر بەردەوام لێیان بدرێت بە ڕوودانی بازدان بە خێرایی بەرگری دەکەن. ئەمە بارودۆخێکی ئایدیاڵ پێشنیاز دەکات کە لەودا هەڵسەنگاندن بۆ تیۆرییە بازدانییە ڕکەبەرەکانی نیوداروینی و لامارکی هەڵسەنگاندنیان بۆ دەکرێت. لوریا و دیلبروک هەوڵیان دا بیدۆزنەوە ئایا بازدانە جینێتیکییەکان توانای بەرگری لە بەرامبەر ئەو ڤایرۆسانە دروست دەکەن کە پێشتر لە ناو حەشیمەتەکەدا هەن، بەو جۆرەی نیوداورینی پێشبینیی دەکات یان تەنها وەڵامە بۆ تەحەدا ناوەندییەکان کە لە لایەن ڤایرۆسەوە دەکرێت، بەو شێوەیەی لامارکییەکان پێشبینیی دەکەن. ٢ زاناکە بینییان کە بازدان بە جوانی و بە هەمان نرخ چی ڤایرۆسەکان هەبن یان نەبن، ڕوو دەدات. بە واتایەکی تر، نرخی بازدان ناکەوێتە ژێر کاریگەریی پەستانی هەڵبژێرراوی ژینگەکەوە، تاقیکردنەوەکەیان خەڵاتی نۆبێلی ١٩٦٩ی بۆ هێنان و پرەنسیپی بازدانی هەڕەمەکیی وەک ژێربینای زیندەناسیی پەرەسەندنی نوێ جێگیر کرد.

ئەو کاتەی لە ساڵی ١٩٤٣دا کە لوریا و دیلبروک تاقیکردنەوەکانیان ئەنجام دەدا، هێشتا کەس نەیدەزانی کە ئەم جینە هەڵماتییانە لە چی دروست بووە، یان لانیکەم چی بەرپرسە لەو میکانیزمە فیزیاییە کە بەرپرسە لە بازدانە جینێتیکییەکان- واتە گۆڕانی هەڵماتێک بۆ هەڵماتێکی تر. لە ساڵی ١٩٥٣دا کاتێک واتسۆن و کرێک ٢ لوولپێچەکەیان دۆزییەوە، هەموو شتێک گۆڕرا. پیشان درا کە جینە هەڵماتییەکان لە DNA دروست بوون. پرەنسیپەکە، کە بازدانەکان هەڕەمەکین، هەستپێکراوتر بوو، چونکە هۆکاری بازدانەکان ڕوون بووەوە، بە هۆی تیشک یان مادە کیمیاییە بازدانە

جینێتیکییەکـان مۆڵکیـوڵی DNA بە شـێوەی هەڕەمەکـی بە پانتـایی هەمـوو درێژییەکەی تێک دەچوو، کە دەبێت بە هـۆی بـازدان لە هەر جینێکدا ئەگەر کـاریگەریی لەسـەر دابنرێت، بە چاوپۆشـی لەوەی ئایا ئەم گۆڕانە ئەنجامی باشی دەبێت یان نا.

لە دووەم وتـاری زانسـتییان لەسـەر ڕێسـای DNA[67] واتسـۆن و کریـــک پێشـــنیازیان کـــرد کە پرۆســـەیەک بە نـــاوی تـــاتۆمێری (tautomerization)، کە جووڵەی پرۆتۆنەکان لە ناو مۆڵکیولێک لە خۆ دەگرێت، دەکرێت ببێت بە هـۆی بـازدان. وەک چـۆن ئێسـتا مـن دڵنیـام ئێـوەش دڵنیـان، هەر پرۆســەیەک کە جـوولەی بنچینەیـی تەنۆلکەکانی وەک پرۆتۆن لە خۆ بگرێت، دەکرێت کوانتەمی بێت. هەر بۆیە ئایا شـرۆدینگێر ڕاسـت بـوو؟ ئایـا بازدانەکـان جۆرێک بـازدانی کوانتەمین؟

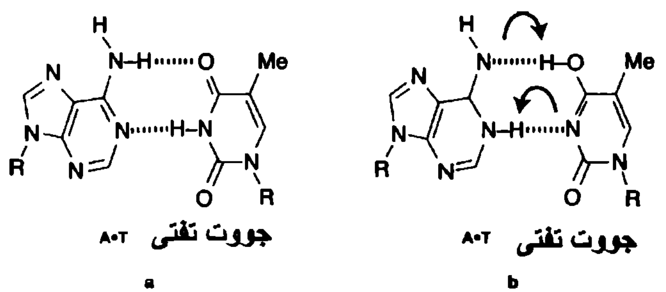
بەکۆدکردن بە پرۆتۆن

جارێکی تر سەیری نیوەی بنەوەی وێنەی ٧:١ بکە. دەبینیت بەندە هایــدرۆجینییەکانمان بە هێڵـــی پچڕپچـــڕ لە نێـــوان ٢ ئەتـــۆمەکەدا (ئۆکسیجن O، یان نیترۆجین N) لەسەر تفتە جووتبووەکان کێشـاوە- کە لە بیـرت بێـت پرۆتـۆنێکی بەهاوبەشـکراوە. بەڵام مەگەر پرۆتـۆن تەنـۆلکە نیـیە؟ کەوابـوو بـۆچی لەجیـاتیی ئەوەی بە تـاک خاڵێـک کێشـرابێت بە هێڵی پچڕپچڕ کێشـراوە؟ هەڵبەت هۆکـارەکەی بـریتییە لەوەی کە پرۆتۆن بوونی کـوانتەمییە کە هەڵگری هەر ٢ تایبەتمەندیی شەپۆلی و تەنۆلکەییە: هەر بۆیە پرۆتـۆن نـاجێگیرە (decolaized) و هاوشێوەی بوونێکی شل یـان شـەپۆلێک لە نێوان ٢ تفتەکەدا هـاتوچۆ دەکات. شوێنی H لە وێنەی ٧:١ - کە بە نزیکەیی شوێنی پرۆتۆنەکـان پیشـان دەدات - لە ناوەڕاسـتی ٢ تفـتەکەدا نیـیە، بەڵام زۆرتـر بەرەو

[67] J. D. Watson and F. H. C. Crick, "Genetic implications of the structure of deoxyribonucleic acid," Nature, vol. 171 (1953), pp. 964–9.

لایەک دەچێت: نزیکترە لەم ستوون یان ئەو ستوون. ئەم ناهاوجێییە بەرپرسە لە لایەنێکی زۆر گرنگی DNA.

با یەکێک لە جووت تفتە مومکینەکان لەبەرچاو بگرین وەک A-T کە A لەسەر یەکێک لە ستوونەکانە و T لەسەر ئەوی ترە و پێکەوە ٢ بەندە هایدرۆجینەکە ڕادەگرن (پرۆتۆنەکان) لێرەدا یەکێک لە پرۆتۆنەکان نزیکترە لە ئەتۆمی نایترۆجین لە A و ئەوی تر نزیکترە لە ئەتۆمی هایدرۆجین لە T (وێنەی a٧:٢) ئەو هەلە دەدات تا باندی هایدرۆجینی A:T دروست ببێت. بەڵام لە بیرت بێت کە چەمکی "نزیکتر" چەمکێکی ورد لە جیهانی کوانتەمدا نییە، کە تەنۆلکەکان شوێنەکانیان جێگیر بێت، بەڵکو مەودایەک لە ئەگەرەکانی بوون لە شوێنی جیاواز لە یەک کاتدا پیشان دەدەن، بەوانەشەوە کە دەبێت بە هۆی تونێللێدان.



وێنەی ٧:٢

(a) جووت تفتێکی ستاندەری A-T لەگەڵ پرۆتۆنەکان لە شوێنە ئاساییەکەی خۆیان (b) لێرەدا پرۆتۆنە جووتەکان بە پانتایی لوولپێچە دەبلەکانەوە باز دەدەن بۆ ئەوەی فۆرمێکی تاتۆمێری لە هەردووی A و T دا دروست بکەن.

ئەگەر دوو پرۆتـۆنەکە کە هەڵگــری پیــتە جینێتیکییەکــانن، هەر کامیان بەرەو لایەکی تر بەپێی بەندی هایدرۆجینییەکەی خۆیان باز دەدەن، کەوابـوو هەر کامیـان نزیـک دەبـنەوە بە تفتـی بەرامـبەر. ئەم ئەنجامـانە لە دروسـتبوونی فـۆرمە ئەلتەرناتیڤەکانی هەر تفتێکدا پێی دەگوترێت تاوتۆمێر (tautomer) (وێنەی ٢:bv). هەر کام لە جووت تفتە DNAیەکـان بـۆیە دەکرێت لە فـۆرمە کـانوونییە هاوبەشـەکەیان هەبـن، هەروەک چـۆن ڕێسـای دوولـولپێچیی کریـک و واتسـۆن لە تاتۆمێرییە دەگمەنەکان، بە پرۆتۆنە بەکۆدکراوەکانەوە دەخزێت بەرەو شوێنە نوێیەکان.

بەڵام لەبیرت بێت پرۆتۆنەکان کە بەندە هایدرۆجینەکان لە DNA دا دروستدەکەن بەرپرسن بۆ دیاریکردنی جووت-تفت کە بەکاردێت بۆ دوپاتکردنەوەی کۆدی جینێتیکی. هەربۆیە ئەگەر جووتە پرۆتـۆنە بەکۆدکەرەکان بجوولێن(لە ئاڕاستەی دژ)، بەشێوەی کاریگەر کۆدە جینێتیککەکان دەنووسنەوە. بۆ نمونە، ئەگەر پیتێکی جینێتیکی لەسـەر ستوونێکی DNA بریتی بێت لە T یێک(سیمینthymine) کە وابـوو لە فـۆرمێکی ئاسـاییدا بەدروسـتی جـووت دەبێـت لەگەڵ A. بەهەرحـاڵ، ئەگەر ئاڵوگۆڕی جووتێک پرۆتـۆن ڕووبدات کەوابوو هەردووی T و A لەگەڵ فۆرمەکـــانی تـــاوتۆمیری دەگونجێـــت. هەڵـــبەت لەوانەیە پرۆتۆنەکـان دووبـارە بـاز بـدەن بـۆ دواوە، بەڵام ئەگەر ئەوانە ڕوو بـدەن، لە فـۆرمە نایـابە تاوتۆمێرەکانـدا دەبـن (فـۆرمە تـاوتۆمێرییە جێگرەوەکانی گوانین و سیمین ناسـراون بە ئینۆل (enol) یـان کیتـۆ (keto)، بەنـدن لەسـەر شـوێنی پـرۆتینە بەکۆدکراوەکـان؛ لە کاتێکـدا سیتۆسـین و ئـادینین ناسـراون بە کیتـۆ یـان فۆرمەکـانی ئـامینۆ (amino)). لەو کـاتەدا سـتوونەکانی DNA کـۆپی دەبـن و لە دواییـدا پایە هەڵەکان لەوانەیە پایەی هەڵە لە ناو ستوونەکانی DNAدا جێگیـر بن. تاوتۆمێری T دەکرێت لەگەڵ Gدا لەجیاتیی A جووت ببێت، هەر بۆیەG بەشدار دەبێت لە ناو ستوونە نوێیەکە کە Aیەکی لە سـتوونە

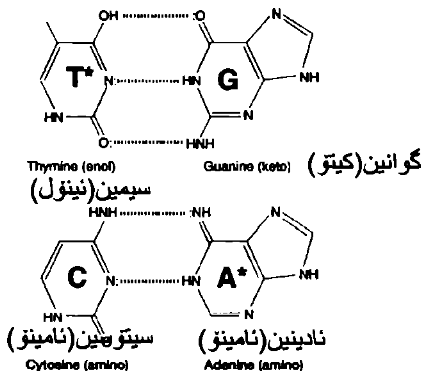
کۆنەکە لەگەڵ بوو. بە هاوشێوەیی، کاتێک DNA دووپات دەبێتەوە، ئەگەر A لە دۆخی تاوتۆمێرییەکەیدا بێت، ئەوکات لەجیاتیی T لەگەڵ Cدا جووت دەبێت، هەر بۆیە ستوونی نوێ، ی لە خۆ گرتووە لە کاتێکدا ستوونە کۆنەکە هەڵگری T بوو (وێنەی ٧:٣). لە هەر بارێکی تردا ستوونە DNAیە دروستبووەکان هەڵگری بازدانەکان دەبێت-گۆڕان لە زنجیرەی DNAدا کە بە زاوزێ دەگوازرێتەوە.

هەرچەندە ئەم گریمانەیە وا دەردەکەوێت زۆر قورس بێت بەڵگەی ڕاستەوخۆی بۆ بدۆزرێتەوە، بەڵام لە ٢٠١١دا، بە نزیکەیی ٦٠ ساڵ دوای ئەوەی واتسۆن و کریک وتارە زانستییەکەیان بڵاو کردەوە، گرووپێکی توێژینەوە لە ناوەندی پزیشکیی زانکۆی دوک (Duke University) لە ویلایەتە یەکگرتووەکانی ئەمەریکا هەوڵیان دا ڕوونی بکەنەوە کە بە شێوەی ناڕاست تفتە جووتەکانی DNA لەگەڵ پرۆتۆنەکان لە شوێنی تاوتۆمێری، بە ڕاستی دەکرێت لە شوێنی پۆلیمراسی DNAدا جێگیر ببن (ئەنزیمێک کە DNAی نوێ دروست دەکات) هەر بۆیە ئەگەر هەیە لەپڕ بگۆڕرێت بۆ DNAیەکی نوێی دووپاتبوو کە دەبێت بە هۆی بازدان[٦٨].

هەر بۆیە تاوتۆمێرەکان – بە شوێنە جێگرەوەکانی پرۆتۆنیشەوە – وا دەردەکەوێت وەگەڕخەری بازدان بێت، هەر بەم ڕێگەیەش پەرەسەندن، بەڵام چی پرۆتۆنەکان وا لێ دەکات بەرەو شوێنی هەڵە بڕۆن؟ ئەگەری کلاسیکی ڕوون بریتییە لەوەی بە هۆی لەرینەوەی مۆلکیولی کە لە دەوروبەرەوە دێن، هەندێک جار بە پانتایی دەلەرێنەوە.

---

[68] W. Wang, H. W. Hellinga and L. S. Beese, "Structural evidence for the rare tautomer hypothesis of spontaneous mutagenesis," Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 108: 43 (2011), pp. 17644–8.



وێنەی ٣:٧

*لە فۆرمە تاوتۆمێرییەکەی (ئینۆل)، کە بە *T لە وێنەکەدا پیشان دراوە، T بە شێوەی ناڕاست دەکرێت لەجیاتیی جووتە ئاساییەکەی A لەگەڵ Tدا جووت ببێت. بە هاوشێوەیی فۆرمە تاتۆمێرییەکەی A (A*) دەکرێت بە شێوەی نادروست لەگەڵ T̀دا جووت ببێت. ئەگەر ئەم هەڵانە لە کاتی دووپاتبوونەوەی DNAدا ڕوو بدات، ئەوکات بازدان دێتە ئاراوە.*

بە هەرحاڵ، ئەمە پێویست دەکات وزەی پێویستی گەرمایی بۆ دروستکردنی ڕاوەشاندن، لەرزانەوەکە، لە بەردەست بێت. هەروەک چۆن لە کاردانەوەی ئەنزیمە خێراکەرەوەکان لە بەشی ٣دا قسەمان لەسەری کرد، پرۆتۆنەکە دەبێت زاڵ ببێت بەسەر بەربەستێکی پێپلەکانی وزەدا بۆ ئەوەی جووڵە دروست ببێت. بە شێوەی ئەلتەرناتیڤ پرۆتۆنەکە لەوانەیە لە لایەن نزیکترین مۆڵکیولی ئاوەوە پلێتۆکی لێ بدرێت، بەڵام مۆڵکیولی ئاوی نزیک پرۆتۆنە بەکۆدکەرەکان لە DNAدا کەمن تا وەها پلێتۆکێک ئامادە بکەن.

بەڵام ڕێچکەیەکی تریش هەیە- یەکێک کە وا دیار بوو ڕۆڵێکی گرنگ لەو ڕێگەیەدا بگێڕێت کە ئەنزیمەکان ئەلیکترۆن و پرۆتۆنی پێ دەگوازنەوە. یەکێک لە ئەنجامەکانی سروشتیشێوە شەپۆلی تەنۆلکە

نیمچەئەتۆمییەکـــان وەک ئەلیکترۆنەکـــان و پرۆتۆنەکـــان بـــریتییە لە تونێللێـــدانی کـــوانتەمی. لێڵـــی لە شـــوێنی هەر تەنـــۆلکەیەک هەڵـــی دڵۆپەکردن لە بەربەستەکانی وزە دەرەخسێنێت. لە بەشی٣دا بینیمـان چـۆن ئەنزیمەکـان تونێللێـدانی کـوانتەمیی ئەلیکتـرۆن و پرۆتـۆن بە هێنانی مۆڵکیولەکانی بە ڕادەی پێویست بۆ نزیک یەکتری بۆ ئەوەی ڕوو بـدات بە کـار دەهێنن. ١٠ سـاڵ دوای ئەوەی واتسـۆن و کریـک وتـارە زانسـتییە گرنگەکەیـان بـڵاو دەکەنەوە، فیزیـایی سـویدی پێر – ئۆلـۆڤ لاودیـن (Per-Olov Löwdin) کە پێشـتر هەر لەم بەشـەدا باسمان کرد، پێشنیازی کرد تونێللێدانی کوانتەمی دەکرێت ڕێگەیەکی جێگـرەوە بـۆ پرۆتۆنەکـان فەراهەم بکـات بـۆ ئەوەی لە نـاو بەنـدە هایـدرۆجینییەکانەوە تێپەڕن بە مەبەسـتی دروسـتکردنی فۆرمەکـانی تاوتۆمێری، موتاجینیک لە نیوکلیوتایدەکان.

گـرنگە جەخـت لەوە بکەیـنەوە کە بازدانەکـانی DNA بە هـۆی میکـانیزمی جۆراجـۆرەوە دێـنە ئـاراوە، لە تێکچـوون بە هـۆی مـادەی کیمیـاییەوە بیگرە تـا تیشـکی سـەروو وەنەوشـەییەوە، هەڵوەشـانەوەی تەنۆلکە ڕادیۆئاکتیڤەکان، تەنانەت تیشـکە گەردوونییەکـان. هەمـوو ئەم گۆڕانکارییـانە لە ئاسـتی مۆڵکیولیـدا دێـنە ئـاراوە، هەر بـۆیە پرۆسـە میکانیکە کوانتەمییەکان لە خۆ دەگرن. بە هەرحاڵ، تا ئێستا بەڵگەیەک لە بەردەست نیـیە پیشـانی بـدات کە لایەنەکـانی میکـانیکیی کـوانتەمی ڕۆڵ لەم ســەرچاوانەی بازدانـــدا دەگێـــڕن. بەڵام ئەگەر تونێللێـــدانی کوانتەمی وەک پیشـان دراوە لە فۆرمگرتنی تـاوتۆمێرە بنچینەییەکـانی DNAدا ڕۆڵ دەبینێت، کەوابوو دەبێت سەیروسەمەرەیی کـوانتەمی لە بازداندا کە پەرەسەندن وەگەڕ دەخات، ڕۆڵ ببینێت.

بە هەرحاڵ، فۆرمە تـاوتۆمێرییە بنچینەییەکـانی DNA بە نزیکەیـی بە ٠٫٠١%ی هەمـوو بنچینـە سروشـتییەکانی DNA هەژمـار دەکرێت، کە توانـای هەمـان ڕێـژە لە هەڵەیـان هەیە. کە ڕێـژەکەی دەگـاتە زۆر کەمتـر لە ١ میلیـارد و بەهەمـان ڕێـژەش ئـێمە بـازدان لە سروشـتدا

دەبینین، هەر بۆیە ئەگەر بنچینە تاوتۆمێرییەکان بە ڕاستی بە شێوەی دوولـوولپێچی بـن، کەوابـوو زۆرترینـی هەڵەکـان دەبێـت بە ڕێـگەی جۆراجـۆریی ڕاسـتکردنەوە بسـڕێنەوە (هەڵەبـڕی - proofreading) کە یـــارمەتیی دڵنیـــابوون لە وەفـــاداریی بەرز لە دووپـــاتبوونەوەی DNAیـدا دەدات. ئەو هەڵانەی کە لە تونێللێـدانی کـوانتەمییەوە بـڵاو دەبـنەوە و لە مەکینـەی ڕاسـتکردنەوەی هەڵە دەربـاز دەبـن، لەوانەیە سـەرچاوەی بـازدانی سروشـتی بێـت کە پەرەسـەندنی ژیـان لەسـەر زەوی وەگەڕ دەخات.

دۆزینەوەی میکانیزمی بنچینەیی بازدان نە تەنها بۆ تێگەیشـتنمان لە پەرەسەندن گرنگە؛ لەوانەشە ئەو تێڕوانینەش بهێنێتە ئاراوە چۆن نەخۆشـییە جینێتیکییەکـان دەردەکەون یـان چـۆن خانەکـان دەبـن بە شـێرپەنجەیی، چـونکە هەردووی ئەم پرۆسـانە بە هـۆی بـازدانەوە دروسـت دەبـن. بە هەرحـاڵ، کێشـەکە بـۆ ئەوەی هەڵبسـەنگێنین کە تونێللێـدان ڕوو دەدات یـان نـا، بە پـێچەوانەی هۆکـارە ناسـراوەکانی تری بـازدان وەک موتـاجینە کیمیاییەکـان یـان تیشـکدانەوە، بە ئاسـانی ناکوژێنەوە و هەڵناکرێن. هەر بۆیە ئاسان نییە نرخی بازدانەکان بەبێ تونێللێـدان و بە تونێللێـدانەوە بپێورێـت بـۆ ئەوەی بزانرێـت ئەوان جیاوازن یان نا.

بەڵام لەوانەیە ڕێـگەیەک هەبێـت بـۆ دەرخسـتنی سـەرچاوەی میکـانیکیی کوانتەمیی بـازدان و ئەویـش بەکارهێنـانی جیـاوازیی نێوان زانیاریی کلاسیکی و زانیاریی کوانتەمییە. زانیاریی کلاسـیکی دەکرێت چەندین جـار بخـوێنرێتەوە بەبێ ئەوەی پەیـامەکە بگۆڕێت، لە کاتێکدا سیستەمی کوانتەمی هەمیشە بە هۆی پێوانەوە تێک دەچێت. هەر بۆیە کاتێـک ئەنزیمـی پۆلیمراسـی DNA، پـایەی DNAیەک دەپشـکنێت بـۆ ئەوەی شوێنی پرۆتۆنە کۆدکەرەکان دیاری بکات، پێوانێکی کوانتەمی ئەنجـام دەدات، لە پرەنسـیپدا هـیچ جیـاوازیی نیـیە لەوەی کاتێـک فیزیـــاییەک لە تـــاقیگەدا شـــوێنی پرۆتۆنێـــک دەپێوێـــت. لە هەر ٢

پرۆسەکەدا، هەرگیز پێوان بێ کاریگەری نییە، هەر پێوانێک کە ئەنجام دەبێت جا چی بە ڕێگەی ئەنزیمی پۆلیمیراسی ناو خانەیەکەوە بێت، یان بە هۆی بژمێرەیەکی گاریگەر لە تاقیگە، حەتمەن دۆخی تەنۆلکەکە کە دەپێورێت، دەگۆڕرێت. ئەگەر دۆخی ئەو تەنۆلکەیە بەرامبەر بێت بە پیتێکی کۆدی جینێتیکی، کەوابوو پێوان و بە تایبەتی چەند جار پێوان لە ناخدا توانای بازدانێکی تێدایە. ئایا هیچ بەڵگەیەک بۆ ئەمە هەیە؟

هەرچەندە هەموو جینۆمەکەی ئێمە لە ماوەی دووپاتبوونەوەی DNAدا کۆپی دەبێت، زۆرترینی خوێندنەوەکانی جینەکانمان لە کاتی دووپاتبوونەوەی DNAدا ڕوو نادات، بەڵکو لە ماوەی ئەو پرۆسانە ئەنجام دەبێت کە زانیاریی جینێتیکی بۆ سەنتزیی پرۆتین بە کار دێت. یەکەمینی ئەم ٢ پرۆسە ناسراوە بە نووسینەوە (transcription) کە کۆپیکردنی زانیاریی بەکۆدکراوی DNAیە بۆ ناو RNA، واتە بۆ ناو پسمامە کیمیاییەکەی DNA. دواتر RNA گەشت دەکات بۆ ناو مەشینی سەنتزیی پرۆتین بۆ دروستکردنی پرۆتین: ئەمە پرۆسەی دووەمە بە ناوی وەرگێڕان (translation). بۆ جیاوازیکردن لە نێوان ئەم پرۆسەیە و کۆپیکردنی زانیاریی جینێتیکی لە ماوەی دوپاتبوونەوەی DNA ، ئەمە بە خوێندنەوەی DNA ناو دەبەین.

سیفەتێکی سەرەکیی ئەم پرۆسەیە بریتییە لەوەی جینێک زۆر زیاتر لەوانی تر دەخوێنرێتەوە. ئەگەر خوێندنەوەی کۆدی DNA لە ماوەی نووسیندا (transcription) پێوانی کوانتەمی دروست بکات، کەوابوو چاوەڕێ دەکرێت زۆر جار خوێندنەوەی جینێک، دەبێت بە هۆی ئەوەی زۆرتر ئەگەری تێکچوونی لەئارادا بێت، ئەمەش دەبێت بە هۆی بەرزبوونەوەی نرخی بازدانی زیاتر. لە ڕاستیدا ئەمە لە هەندێک لێکۆڵینەوەدا دۆزراوەتەوە. بۆ نموونە، ئابهیجیت داتا (Abhijit Datta) و سو جینکس – ڕۆبیرتسۆن (Sue Jinks-Robertson) لە زانکۆی ئیمۆری لە ئاتلانتا لە ویلایەتە یەکگرتووەکانی ئەمریکا دەستکاریی جینێکیان لە خانەکانی ترشێنەر

کرد کە ئامادە بوو چەندین بڕی کەم پڕۆتین لە خانەکەدا دروست بکات، یان ژمارەیەکی زۆر پڕۆتینی لۆد دەکرد. ئەوان دۆزییانەوە کە نرخی بازدان لە جینەکەدا ۳۰ جار بەرزتر دەبێتەوە کاتێک لە ئاستە بەرزترەکاندایە[٦٩]؛ لێکۆڵینەوەیەکی هاوشێوە لەسەر مشک هەمان کاریگەریی پیشان دا[٧٠].

هەروەها دوایین لێکۆڵینەوە لەسەر جینەکانی مرۆڤ گەیشت بەو ئەنجامەی کە ئەو جینانەی ئێمە کە لە ئاستە بەرزترەکاندا دەخوێنرێنەوە، زۆرتر بەرەو بازدان دەچن[٧١].

ئەمە لانیکەم لەگەڵ کاریگەریی پێوانی کوانتەمی گونجاوە، بەڵام هەڵبەت ئەوە ناسەلمێنێت میکانیکی کوانتەمی لە خۆ دەگرێت. خوێندنەوەی DNA هەڵگری کاردانەوە کیمیاییەکانە کە لەوانەیە بە زۆر رێگەی جیاواز رێسا مۆلکیولییەکان تێک بدات یان پشێویی تێدا دروست بکات و ببێت بە هۆی بازدان بەبێ ئەوەی بگەڕێنەوە بۆ میکانیکی کوانتەمی.

بۆ هەڵسەنگاندنی ئەوەی بزانین میکانیکی کوانتەمی لە پرۆسە بایۆلۆجییەکاندا هەیە، ئێمە پێویستە بەڵگەی قورس و قایممان هەبێت کە ئەو هەستە دروست بکات کە بەبێ میکانیکی کوانتەمی نابێت. لە راستیدا مەتەڵی لەم جۆرە بوو کە سەرنجی ئێمە دوانەی بەرەو ئەو رۆڵەی کە میکانیکی کوانتەمی لەوانەیە لە زیندەناسیدا بیگێڕێت، راکێشا.

---

[69] A. Datta and S. Jinks-Robertson, "Association of increased spontaneous mutation rates with high levels of transcription in yeast," Science, vol. 268: 5217 (1995), pp. 1616–19.

[70] J. Bachl, C. Carlson, V. Gray-Schopfer, M. Dessing and C. Olsson, "Increased transcription levels induce higher mutation rates in a hypermutating cell line," Journal of Immunology, vol. 166: 8 (2001), pp. 5051–7.

[71] P. Cui, F. Ding, Q. Lin, L. Zhang, A. Li, Z. Zhang, S. Hu and J. Yu, "Distinct contributions of replication and transcription to mutation rate variation of human genomes," Genomics, Proteomics and Bioinformatics, vol. 10: 1 (2012), pp. 4–10.

ئایا کوانتەم باز بە جینەکان دەدات؟

لە سێپتامبەری ساڵی ١٩٨٨دا بوو، وتارێکی زانستی لەسەر جینێتیکی باکتریاکان لە نەیچەر بڵاو بووەوە کە نووسەرەکەی یەکێک لە جینتیکناسەکانی زۆر بەناوبانگی قوتابخانەی هارڤارد بۆ تەندروستیی گشتی لە بۆستۆن، بە ناوی جان کارین (John Cairns) بوو.

وتارە زانستییەکە وا دیار بوو دژ بێت لەگەڵ بنچینە هەرە سەرەکییەکانی تیۆریی پەرەسەندنی نیوداروینیزم: پرەنسیپەکە، کە بازدانەکان، سەرچاوەی گۆڕانی جینێتیکی، بە شێوەی هەڕەمەکی ڕوو دەدەن و ئاڕاستەی پەرەسەندن هەڵبژاردنی سروشتی پشتیوانیی لێ دەکات- ڕزگاربوونی گونجاوترین.

کارین، کە پزیشک و زانایەکی بەریتانی بوو، کە لە ئۆکسفۆرد خوێندنی تەواو کردبوو، پێش دەستکەوتنی سابتیکال (sabbatical - ماوەی لێکۆڵینەوە) لە ساڵی ١٩٦١دا لە تاقیگە بەناوبانگەکەی کۆلد سپرینگ هاربۆر لە ویلایەتی نیویۆرک، لە ئوگاندا و ئوستورالیا کاری دەکرد. لە ساڵی ١٩٦٣ بۆ ١٩٦٧ ئەو بەڕێوەبەری تاقیگەکە بوو، کە شوێنێکی گرنگ بۆ دەرکەوتنی زانستی زیندەناسیی مۆلکیولی بوو، بە تایبەتی لە ساڵانی ١٩٦٠ەکان و ١٩٧٠کاندا کە زانایان و هەندێک ڕوخساری وەک سالڤادۆر لوریا، ماکس دیکبروک و جەیمس واتسن لەوێ کاریان دەکرد. کارینس دەمێ ساڵ لەوەوپێش بەرکەوتنێکی هەبوو، کاتێک براوە سەروقژ ئاڵۆسکاوەکەی داهاتووی خەڵاتی نۆبێل وتارێکی بێسەرەوبەرە و لە دانیشتنێکدا لە ئۆکسفۆرد پێشکەش کرد و کاریگەریی ئەوتۆی دانەنا؛ لە ڕاستیدا کاریگەرییەکەی لەسەر کارینس بریتی بوو لەمە: "من وام دەزانی ئەو بە تەواوەتی شێتە."[٧٢]

[72] John Cairns on Jim Watson, Cold Spring Harbor Oral History Collection. Interview available at: http://library.cshl.edu/oralhistory/interview/james-d-watson/meeting-jimwatson/watson/.

لە هاربۆر کۆلد سپرینگ، کارینس چەندین لێکۆڵینەوەی گرنگی بە ئەنجــام گەیانــد. بــۆ نمــوونە ئەو شــرۆڤەی ئەوەی کــرد بــۆچی دووپاتبوونەوەی DNA لە خاڵێکەوە دەست پێ دەکات و لە دواییدا بە درێژیی کرۆمۆزۆمەکە دەجووڵێت، زۆرتر وەک شەمەندەفەرێک کە لەسەر ڕەیلێک دەڕوات.

ئەو دەبوو سەرئەنجام لەگەڵ جەیمز واتسۆندا گەرم بێت، چونکە لە ساڵی ١٩٦٦دا ئەوان پێکەوە کتێبێکیان سەبارەت بە ڕۆڵی باکتریا ڤایرۆساوییەکان لە پەرەپێدانی زیندەناسیی مۆلکیولیدا، ئیدیت کرد. کەوابوو لە ساڵانی ١٩٩٠ەکاندا ئەو حەزی لە لێکۆڵینەوەی پێشووتری براوەکانی نۆبێڵ، لوریا و دیلبروک، کە وا دەردەکەوت دەیسەلماند بازدانەکــان پــێش ئەوەی بەرکەوتنیــان لەگەڵ هەر تەنگەژەیەکــی دەوروبەردا هەبێــت، بە شــێوەی هەڕەمەکــی ڕوو دەدەن. کیــرنس لەســەر ئەو بــاوەڕە بــوو کە لە دیزاینی تــاقیگەیی دیلبروک و لوریــا لاوازیی هەیە، کە بەپێی ئەو دەسەلما بازدانی باکتریایی بە بەرگری لە بەرامبەر ڤایرۆسدا لە پێشدا لە ناو حەشیمەتەکەدا هەیە، نەک ئەوەی لە بەرکەوتن لەگەڵ ڤایرۆسدا بێتە ئاراوە.

کارین ئاماژەی بەوە کرد کە هەر باکتریایەک کە پێشتر بەرگریی لە هەمبەر ڤایروسدا نەبووبێت، کاتی پێویستی بۆ پەرەپێدانی بازدانە نوێیە خۆگونجێنەرەکان بۆ وەڵامدانەوە بەتەنگەژەکان نییە، چونکە زۆر بە خێرایی باکتریاکان دەیانکوژن. ئەو دیزاینی تاقیکردنەوەیەکی نوێی پێشکەش کرد کە بە باکتریا چانسێکی باشتری دەدا تا بۆ وەڵامدانەوە بە تەنگەژەیەک بازدانەکان پەرە پێ بدات. لەجیاتیی گەڕان بۆ بازدانەکان کە پشتڕاستی بەرگری لە بەرامبەر ڤایرۆسە کوشندەکان دەکاتەوە، ئەو خانەکانی برسیی کرد و چاوەڕێی بازدانی کرد کە باکتریاکان گەشە پێ دەدات و ڕزگاریان دەکات. هاوشێوەی لوریا و دیلبروک ئەویش بینیی ژمارەیەک بازدان ڕاستەوخۆ گەشە دەکەن، کە پیشان دەدا ئەوان لە پێشدا لە ناو حەشیمەتەکەدا هەبوون،

بەڵام بە پێچەوانەی لێکۆڵینەوەی پێشوو، ئەو بینیی ژمارەیەکی زیاتر بازدان لە وەڵامدانەوە بە برسێتی دەردەکەون.

ئەنجامەکەی کارینس بە پێچەوانەی ئەو پرەنسیپە بوو کە بازدانەکان بە شێوەی هەڕەمەکی ڕوو دەدەن؛ تاقیکردنەوەکانی ئەوەیان پیشان دەدا کە بازدانەکان کاتێک ڕوو دەدەن کە سوودمەند بن. دۆزینەوەکە وا دیار بوو پشتگیریی تیۆرییە ڕەتکراوەکەی لامارک بۆ پەرەسەندنی دەکرد- باکتریا برسییەکان ملیان درێژ نابێت، بەڵام ڕێک وەک وێناکردنەکەی لامارک بۆ بزنەکێوی، وا دیار بوو ئەوانیش بۆ وەڵامدانەوە بە تەنگەژەکانی ژینگە، گۆڕانی بۆماوەیی دروست دەکان: واتە باز دەدەن.

دۆزینەوەکانی کارین زۆر بە خێرایی لە لایەن چەندین زانای ترەوە پشتڕاست کرایەوە. هێشتا دیاردەکە لێکدانەوەی لە بایۆلۆجیی مۆلکیولی و جینێتیکی مودێرندا نەبوو. میکانیزمێکی ڕوون و ناسراو کە هەل بە باکتریایەک بدات، یان لە ڕاستیدا بە هەر بوونەوەرێک بدات، بۆ ئەوەی کام جین هەڵبژێرێت بۆ بازدان و کەی باز بدات، لەئارادا نەبوو. دۆزینەوەکە وا دیاریش بوو دژ بێت لەگەڵ ئەوەی کە ناسراوە بە دۆگمای ناوەندی زیندەناسیی مۆلکیولی: پرەنسیپێک کە بەپێی ئەو زانیاری تەنها بە ١ ڕێگە لە ماوەی نووسینەوەدا جووڵە دەکات، لە DNA دێتە دەرەوە بۆ پرۆتین یان ناوەند یاخود خانە یان ئۆرگانیزم. ئەگەر ئەنجامەکانی کارینس ڕاست بن، کەوابوو خانەکان دەبێت توانای پێچەوانەکردنەوەی ئاڕاستەی جووڵەی زانیاریی جینێتکییان هەبێت، کە ئەو هەلە دەدات بە ناوەند کاریگەری لەسەر نووسراوەکانی DNA دابنێت.

بڵاوبوونەوەی وتارە زانستییەکەی کارینس لێشاوێک گفتوگۆ و لافاوێک نامەی بۆ نەیچەر بە دوادا هات بە مەبەستی تێگەیشتن لە دۆزینەوەکە. وەک جینێتیکزانێکی باکتریایی، جانجۆ (Johnjoe) بە قووڵی بە هۆی ئەو دیاردەیەی "بازدانە گونجێنەرەکان" (adaptive

(mutations) بەو شێوەیەی کە تێگەیشتبوون، سەرسام بووبوو. لەو کاتەدا ئەو خەریکی خوێندنەوەی بابەتێکی گشتیی ناتەکنیکی سەبارەت بە میکانیکیی کوانتەمی لە نووسینی جان گیبدن (John Gribbin) بوو، بە ناونیشانی لە گەڕان بۆ پشیلەکەی شرۆدینگێر (In Search of Schrödinger's Cat) کە نەدەکرا یارمەتیی تێگەیشتنی بدات کە ئایا میکانیکی کوانتەمی، بە تایبەتی پرۆسەی ئالۆزی پێوانی کوانتەمی بکرێت لێکدانەوەیەک بۆ ئەنجامەکەی کارینس بدات بە دەستەوە.[٧٣]

هەروەها جانجۆ ئاشنا بوو لەگەڵ قسەکانی لۆودین کە کۆدە جینێتیکییەکان بە پیتی کوانتەمی نوسراون؛ هەر بۆیە ئەگەر لۆودین ڕاست بێت، جینۆمی باکتریاکانی کارین دەبێت وەک سیستەمی کوانتەمی لەبەرچاو بگیررێن. هەروەها ئەگەر ئەوان ڕاست بن، کەوابوو لێکۆڵینەوە لەوەی ئایا بازدان لەئارادایە، پێوانی کوانتەمی پیشان دەدات. ئایا دەکرێت کاریگەریی پشێویی دروستکردنی پێوانی کوانتەمی لێکدانەوەیەک بۆ ئەنجامە سەیرەکەی کارینس بدات بە دەستەوە؟ بۆ پشکنینی ئەم ئیمکانە، پێویستە لە نزیکترەوە سەیری ڕێکخستنی تاقیکردنەوەکەی کارینس بکەین.

کارینس میلیۆنەها خانەی باکتریای ڕیخۆڵەی E.coli (Escherichia coli) لەسەر ڕووبەری قاپێک جێڵ دانا کە تەنها هەڵگری شەکری لاکتوس بۆ خۆراک بوو. زنجیرەیەکی تایبەتی لە E.coliکە کارینس بە کاری هێنابوو، هەڵگری هەڵەیەک لە یەکێک لە جینەکانیدا بوو کە توانایی خواردنی لاکتۆسی لێ دەسەند، هەر بۆیە باکتریاکان برسییان دەبێت. بەڵام ئەوان نەمردن، بەڵکو تەنها دەلکان بە دەوروبەری ڕووبەری جێلەکەدا. ئەوەی جێی سەرسووڕمانی کارینس بوو و بوو بە هۆی گەیشتن بەو ئەنجامەی کە ئەوان بۆ

---

73 J. Gribbin, In Search of Schrödinger's Cat (London: Wildwood House, 1984; repr. Black Swan, 2012).

ماوەیەکی درێژ نامێننەوە. دوای چەند ڕۆژ ئەو بینیی کۆلۆنییەکان لەسەر ڕووبەری جیلەکەدا دەردەکەون. هەر کۆلۆنییەک پێک هاتووە لە نەوە بازدراوەکان لە خانەیەکی تەنها کە لەودا بازدانێک ئەو هەڵەی کە لە کۆدی DNAدا هەیە و جینی ناتەواوبوونی خواردنی لاکتوسە، ڕاست دەکاتەوە. کۆلۆنییە بازدراوەکان لە ماوەی چەندین ڕۆژدا بەردەوام بوون لە دەرکەوتن، تا ئەو کاتەی پلێتەکان وشک دەبنەوە.

بەپێی تیۆریی ستاندەری پەرەسەندن، وەک بە هۆی تاقیکردنەوەکەی لوریا – دیلبروک پیشان درا، بۆ پەرەسەندنی خانەی E.coli بوونی بازدراوەکان لە پێشدا لە ناو حەشیمەتەکە پێویست بوو. چەند دانەیەک لەمانە بە ڕاستی سەرەتا لە ناو تاقیکردنەوەکەدا دەرکەوتن، بەڵام ئەوان ژمارەیان زۆر کەم بوو لەچاو ئەو ژمارە زۆرەی کۆلۆنییە لاکتۆزخۆرەکان کە بە خێرایی، دوای ئەوەی باکتریاکان نرانە ناو ناوندە لاکتۆزییەکان چەند ڕۆژ دواتر دەرکەوتن (کە لەودا بازدانەکان دەتوانن باشییەکی گونجاو بۆ خانەکان فەراهەم بکەن- لە مەودای "بازدانە گونجێنەرەکان" (adaptive mutations)).

کارینس لێکدانەوە ئاسایی و ڕوونەکەی دیاردەکەی وەلا نا، وەک بەرزبوونەوەی نرخی بازدان بە گشتی. هەروەها ڕوونی کردەوە کە بازدانە گونجێنەرەکان تەنها لەو ناوندانەدا ڕوو دەدەن کە بازدان ئەنجامی باشی لێ دەکەوێتەوە. بە هەرحاڵ ئەنجامەکانی بە زیندەناسیی مۆلکیوڵی کلاسیکی ناکرێت پاساو بدرێتەوە: بازدانەکان دەبێت بە یەک ڕێژە ڕوو بدەن، جا چی لاکتۆز هەبێت یان نا. بە هەرحاڵ، وەک چۆن لۆودین بەڵگەی دەهێناوە، جینەکان لە بنەڕەتدا سیستەمی زانیاریی کوانتەمی بن، کەوابوو بوونی لاکتۆز توانای پێوانی کوانتەمی دروست دەکات، ئەوە دەری دەخات کە ئایا خانەی DNA باز دەدات یان نا. ڕووداوێکی ئاستی کوانتەمی بەندە لەسەر شوێنی تاک فۆتۆنێک. ئایا دەکرێت پێوانی کوانتەمی بۆ جیاوازیکردن

له نێوان ئەو نرخی بازدانانەی کارینس بینیبووی، پشتی پێ ببەستریت؟

جانجۆ بڕیاری دا ئایدیاکەی بۆ وردبینی له بەشی فیزیای زانکۆی سەرەیی (University of Surrey) پێشکەش بکات. جیم یەکێک له گوێگران بوو، هەرچەند گومانی هەبوو، بەڵام پێی سەرسام بوو. ئێمە بڕیارمان دا پێکەوە کار بکەین بۆ لێکۆڵینەوە لەو ئایدیایی کە ئایا ئایدیاکە هیچ ڕیشەیەکی کوانتەمیی هەیە و سەرئەنجام مۆدێلێکی سەرەتایی (بەو مانایە چوارچێوەی کارەکە بە شێوەی ماتماتیکی ورد نەبوو) کە ئێمە پێشکەشمان کرد بۆ بازدانە خۆگۆنجێنەرەکان، حیسابی لەسەر کرا؛ ئێمە ئەمەمان لە ساڵی ١٩٩٩دا لە جۆرنالی بایۆسیستەمدا (Biosystem) بڵاو کردەوە[٧٤].

مۆدێلەکە بەم پێشەکییەوە دەست پێ دەکات کە پرۆتۆنەکان دەکرێت بە شێوەی میکانیک کوانتەمییانە ڕەفتار بکەن؛ بە شێوەیەک ئەوانەی کە لە DNAی خانە برسییەکانی E.coliدان، هەندێک جار تونێل لێ دەدەن بۆ شوێنی تاوتۆمێری (موتاجینیک) و دەکرێت بە ئاسانی تونێل لێ بدەنەوە و بۆ شوێنە سەرچاوەییەکەی خۆیان. بە شێوەی کوانتەم میکانیکی، دەبێت وای دابنێین سیستەمەکە لە سەریەککەوتنی هەر ٢ دۆخەکەدایە: تونێلێدراو و تونێلێنەدراو، بە پرۆتۆنێک کە بە نەخشەشەپۆلێک شرۆڤە دەکرێت کە بەسەر هەر ٢ سایتەکەدا بڵاو دەبێتەوە، بەڵام یەکێک کە بە شێوەی ناهاوجێییە (asymmetrical) ئەگەری زیاتر دەدات بە دەستەوە کە پرۆتۆنەکە لە شوێنە نابازدراوەکان ببینینەوە. لێرەدا، هیچ ئامێرێکی پێوانی تاقیگەیی یان ئامرازێک بۆ تۆمارکردن، کە لێرەدا پرۆتۆنە، لەئارادا نییە، بەڵام پرۆسەی پێوان کە ئێمە لە بەشی ٤دا قسەمان لەسەری کرد، لە لایەن ناوەندی دەوروبەرەوە ئەنجام دەدرێت. ئەمە هەموو

---

74 J. McFadden and J. Al-Khalili, "A quantum mechanical model of adaptive mutation," Biosystems, vol. 50: 3 (1999), pp. 203–11.

کاتێک ئەنجام دەدرێت: بۆ نموونە، خوێندنەوەی DNA لە لایەن مەشینی سەنتزی پرۆتینییەوە، پرۆتۆنەکە ناچار دەکات "زیهنیان ڕێک بخەن" (make up its mind) لەو لایەی بۆندەکە کە لەسەری جێگیرن- ئیتر لە شوێنی ئاساییدا بێت (گەشەنەکردوو) یان لە تاوتۆمیری (گەشە کردوو): ئەمە بە زۆری لە شوێنی ئاساییدا دەبینرێت.

وێنای پلێتی کارینسی خانەکانی E.coli بکە وەک قوتووی سکە بێت، کە هەر سکەیەک پیشاندەری پرۆتۆنێکە کە لە پایەی کلیدی نیوکلۆتاید لە جینی بەکارهێنەری لاکتۆز (لە ڕاستیدا زیاتر لە ١ بەندی هایدرۆجینیی جووتپایەکە پێکەوە ڕادەگرێت، بەڵام ئارگیومێنتەکە هەر هەمان شتە ئەگەر وێنەکە بۆ تەنها ١ دانە سادە بکەینەوە). ئەم پرۆتۆنە دەکرێت لە یەکێک لەم ٢ دۆخەدا بێت: شێرەکان گرێدراو بە شوێنی ئاسایی، ناتاوتۆمیریک، یان خەتەکان، گرێدراو بە تاتۆمێرییە نایابەکان. ئاوا دەستی پێ دەکەین کە هەموو سکەکان شێر بن، پەیوەندیدار بە دەستپێکی تاقیگەیی کە پرۆتۆنەکان لە شوێنی ناتاتۆمێریدا بن. بەڵام بە شێوەی کوانتەمی پرۆتۆنەکە هەمیشە لە سەریەککەوتنی شوێنە ئاسایی و تاتۆمێرییەکاندایە، هەر بۆیە سکە کوانتەمییە خەیاڵییەکان بە هاوشێوەیی لە سەریەککەوتنی هەردووی شێر و خەتەکاندا دەبێت، بە زۆرترین ئەگەرەوە کە شەپۆلی ئەگەرەکان بەرەو شێر بێت، بە واتایەکی تر دۆخی ئاسایی. بەڵام شوێنی پرۆتۆنەکە سەرئەنجام لە لایەن ناوەندی دەوروبەرەوە لە ناو خانەکەدا دەپێورێت و ناچاری دەکات شوێنێک هەڵبژێرێت کە دەکرێت ئێمە وای دابنێین جۆرێک زاری سکەیی مۆلکیولییە، بە زاڵبوونی ئەگەری دەرکەوتنی شێر. DNAیەکە لەوانەیە تاو نا تاوێک کۆپی ببێت (خانە برسی و لەژێر فشارەکان لەوانەیە درێژە بە هەوڵی خۆیان بدەن بۆ کۆپیکردنی DNAیەکەیان، بەڵام دووپاتبوونەوە لە شوێنێکدا بە هۆی سنووردرابوونی سەرچاوەی لە دەستەڕاست

ببچڕێـت، هەر بـۆیە تەنهـا کێشـانە کورتەکـانی گرێـدراو بە چەنـد جینـێکەوە دروسـت دەبـن). بەڵام هەر سـتوونێکی نـوێ تەنهـا ئەو زانیارییـانە جینێتیکیـیە بە کـۆد دەکـات کە لەوێـدان، کە بە نزیکەیـی هەمیشـە تەنهـا ئەنـزیمە ناتەواوەکـانە- هەر بـۆیە خـانەکە درێـژە بە برسیبوونی خۆیان دەدەن.

بەڵام لە بیـرت بێـت، کە سـکەکە پێشـاندەری تەنـۆلکەیەکی کـوانتەمییە، پرۆتۆنێـک لەسـەر سـتوونی DNA؛ هەر بـۆیە تەنـانەت دوای پێوان ئەو ئـازادییەی هەیە بخـزێتەوە بـۆ جیهـانی کـوانتەمی و سـەریەککەوتنە سـەرەتاییەکە دروسـت بکـاتەوە. هەر بـۆیە تەنـانەت دوای ئەوەی سکە هەڵدراوەکە بکەوێتە سەر زەوی و شـێری پیشـان دا، دووبـارە هەڵـدەدرێتەوە و و چەنـدبارە دەبێـتەوە، سـەرئەنجام دەکەوێتە سـەر خەت. لەم بـارەدا لەوانەیە DNA جـارێکی تـر کـۆپی ببێتەوە، بەڵام ئێسـتا ئەنزیمێکی چـالاک دروست دەکات. لە نەبـوونی لاکتۆزیشـدا زۆر جیـاواز نابێت، چونکە بەبێ بـوونی لاکتـۆز جینەکە بێسوود دەبێت. خانەکە درێژە بە برسیبوون دەدات.

بە هەرحـاڵ، ئەگەر لاکتـۆز لە شـوێنەکەدا هەبێـت بـارودۆخ زۆر جیـاواز دەبێـت، چـونکە جینـە چـاککراوەکەی دروسـتکراو لە لایەن خانەکەوە هەڵدەدات بە خانەکە لاکتۆز بە کـار بهێنێت، گەشـە بکـات و دووپـات ببێتەوە. گەڕانەوە بۆ دۆخـی سـەریەککەوتنی کـوانتەمی ئیتـر نـامومکین دەبێت. سیستەمەکە بە شێوەی نەشیاو بۆ گەڕانەوە وەک خـانەیەکی بـازدار دەکەوێتە جیهـانی کلاسیکەوە. ئێمە دەکرێت ئەمە بەم شـێوەیە تێـبگەین - تەنهـا لەگەڵ بـوونی لاکتـۆز - ئەو سـکە دەگمەنـانە کە خەت پیشـان دەدەن، لە نـاو قوتـووکە و دەخـرێنە نـاو قوتـووەکەی تـرەوە، دەبـن بە بـازدان. بـا بگەڕێینـەوە بـۆ قوتـووە سـەرچاوەییەکە، سـکە بەجێماوەکـان (خانەکـانی E. coli) درێـژە بە هەڵـدانیان دەدرێـت، هەر کاتێـک خەت دەردەکەوێـت، سـکەکە هەڵدەگیررێت و دەخرێتە نـاو قوتـووی بـازدانەوە. بەرە بەرە، قوتـووی

بازدانەکـان پـڕ و پڕتـر دەبێـت. بە زمـانی تـاقیکردنەوەی پێشـوو، بازدانەکان دەکرێت لەسەر لاکتۆزەکە گەشە بکەن و بە بەردەوامی لە تاقیکردنەوەکاندا دەربکەون، ڕێک وەک ئەوەی کارینس دۆزیبووەوە.

ئێمە مۆدێلەکەمـان لە سـاڵی ١٩٩٩دا بڵاو کردەوە، بەڵام سـەرنجی زۆری بە لای خۆیدا ڕانەکێشـا. نائومێدانە جـانجۆ هەوڵـی دا کتێبێـک سـەبارەت بە پەرەسـەندنی کـوانتەمی[٧٥] بنووسـێت کە باسـی ڕۆڵـی بەرفراوانی میکانیکیی کوانتەمی لە زیندەناسی و پەرەسـەندندا دەکرد. بەڵام لە بیرت بێت ئەمە پێش ئەوە بوو ڕۆڵی تونێلێدانی پرۆتۆنەکـان لە ئەنزیمەکانـدا بە بەرفراوانـی پەسـەند بکرێـت و هێشـتا هاوبـاریی کـوانتەمی لە ڕۆشـنەپێکهاتندا نەدۆزرابـووەوە، هەر بـۆیە زانایـان بە ڕاستی مافیان هەبوو کە گومانیان لەو ئایدیا سەیرە هەبێت کە بـازدان دیـاردەیەکی کـوانتەمییە و لە ڕاسـتیدا ئـێمە بازمـان بەسـەر چەنـدین بابەتدا دابوو[٧٦]. هەروەهـا دیـاردەی بـازدانە خۆگونجێنەرەکـان ئـاڵۆز و تێکەڵـــــوپێکەڵ بـــــوون. ئەوە دۆزرایەوە کە خـــــانە E.Coliیە برسیکراوەکانی تاقیکردنەوەکەی کارینس، ژیـانی خۆیـان بە خـواردنی خـانە مـردوو و لە حـاڵی مردنەکانـدا درێـژ دەکەنەوە و هەنـدێک جـار DNA دووپـات دەکەنەوە و تەنـانەت ئـاڵۆگۆڕی دەکەن. لێکـدانەوە ئاساییەکانی بـازدانی خۆگـونجێنەر دەرکەوتـن، کە وایـان دادەنـا کە بە هۆی یەککگرتنی چەنـدین پرۆسـەوە بـازدان بەرز دەبێتەوە: زیـادبوونی گشتی لە نرخی بازدانی هەموو جینەکان، مردنی خـانە و بەرەڵاکردنـی DNAی خـــانە مـــردووە بازدراوەکـــان، ســـەرئەنجام هەڵمـــژین و بەهێزکردنی هەڵبژاردەیی جینە بـازدراوە لاکتۆزییەکان لە لایەن خـانە ڕزگاربووەکان کە توانیویانە یەکخستنیان لە نـاو جینۆمەکانیانـدا یەک

---

[75] J. McFadden, Quantum Evolution (London: HarperCollins, 2000).

[٧٦] پێداچوونەوەیەکی ڕەخنەیی لەم لینکەدا دەکرێت بخوێنیتەوە:
http://arxiv.org/abs/quant-ph/0101019

وەڵامەکەی ئێمەش لێرەدایە:

.http://arxiv.org/abs/quant-ph/0110083

بـخەن[٧٧]. ئایا ئەم لێکدانەوە ئاساییانە دەکرێت بە تەواوەتی بۆ بازدانە گونجاوەکان حیسابی لەسەر بکرێت؟ هێشتا ڕوون نییە. ٢٥ ساڵ دوای ئەوەی وتارە زانستییە سەرچاوەییەکەی کارینس بڵاو بووەوە، دەرکەوت دیاردەکە هێشتا مەتەڵاوییە و بەڵگەش ئەو باسە زانستییانەیە پشکنین بۆ ئەو میکانیزمە دەکەن.[٧٨] نە تەنها لە E. Coli، بەڵکو لە چەندین میکرۆبیتریشدا، وەک ئەوەی شتەکان لە ئێستادا هەیە، ئێمە ئەگەری بوونی تونێلێدانی کوانتەمی لە بازدانە گونجێنەرەکاندا ڕەت ناکەینەوە، بەڵام لە ئێستادا ناڵێین کە ئەوە تاکە لێکدانەوەیە.

لە نەبوونی پێوستییەکی بەهێز بۆ دەلالەتی میکانیکیی کوانتەمی لە بازدانە گونجاوەکاندا، ئێمە لەم دواییەدا بڕیارمان دا هەنگاوێک بۆ دواوە بگەڕێینەوە و پشکنین بۆ پرسیاری هەرە بنچینەیی سەبارەت بە ڕۆڵی تونێلێدانی کوانتەمی لە بازداندا بە گشتی بکەین. هەروەک لە بیرتانە، باری بوونی تونێلێدانی کوانتەمی لە بازدانەکاندا یەکەم جار بە شێوەی تیۆری لە لایەن لۆویدنەوە هاتە ئاراوە و چەندین لێکۆڵینەوەی تیۆریی پشتگیرییان دەکرد[٧٩]. هەروەها لە لایەن ئەو

---

[77] H. Hendrickson, E. S. Slechta, U. Bergthorsson, D. I. Andersson and J. R. Roth,"Amplification-mutagenesis: evidence that "directed" adaptive mutation and general hypermutability result from growth with a selected gene amplification," Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 99: 4 (2002), pp. 2164–9.

[78] بۆ نموونە:

J. D. Stumpf, A. R. Poteete and P. L. Foster, "Amplification of lac cannot account for adaptive mutation to Lac+ in Escherichia coli," Journal of Bacteriology, vol. 189: 6 (2007), pp. 2291–9.

[79] بۆ نموونە:

E. S. Kryachko, "The origin of spontaneous point mutations in DNA via Löwdin mechanism of proton tunneling in DNA base pairs: cure with covalent base
Journal of Quantum Chemistry, vol. 90: 2 (2002), pp. 910– pairing," International
Qi Ren Zhang, Chun Yuan Gao and Yi Zhong Zhuo, 23; Zhen Min Zhao,
in cytosine and the transition between its "Motion of the hydrogen bond proton
normal and imino states," Physics Letters A, vol.359: 1 (2006), pp. 10–13

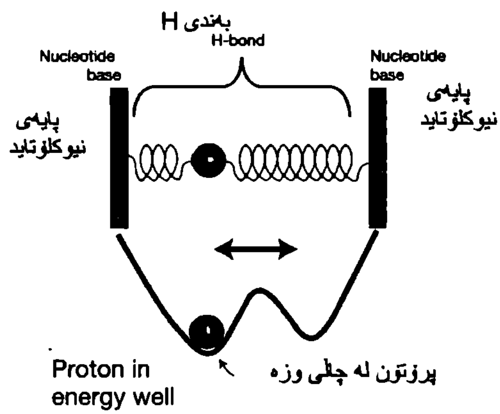
لێکۆڵینەوە تاقیگەییانەوە، ئەوانەی کە ناسراون بە مۆدێلی جووت تفت (model base pairs) کە بریتین لە مادەی کیمیایی دیزاینکراو کە هەمان تایبەتمەندیی جووت تفتیان هەبێت کە لە تفتەکانی DNAدا هەیە، بەڵام زۆر شیاون بۆ تاقیکردنەوە. بە هەرحاڵ، تا ئێستا کەس نەیسەلماندووە کە تونێللێدانی کوانتەمی دەبێت بە هۆی بازدان. کێشەکە بریتییە لەوەی دەبێت لەگەڵ چەندین هۆکاری تر بازدانەکان و میکانیزمەکانی چاککردنەوەی بازدان پێشبڕکێ بکات، کە دەبێت بە هۆی ئەوەی دیاریکردنی ڕۆڵەکەی ئەگەر هەبێت، زۆر قورس بێت.

بۆ لێکۆڵینەوە لەم بابەتە، جانجۆ ئایدیاکانی لە تاقیکردنەوەکانی ئەنزیمەوە کە لە بەشی ٣دا شرۆڤەمان کرد وەرگرتووە، کە لەوانەیە وەبیرت بێتەوە دەرگیربوونی تونێللێدانی کوانتەمی دوای دۆزینەوەی کاریگەرییەکانی جووڵەی ئایزۆتۆپی هاتە ئاراوە. ئەگەر تونێللێدانی کوانتەمی لە خێراکردنەوەی کاردانەوەکانی ئەنزیم ڕۆڵیان هەیە، کەوابوو جێگرتنەوەی ناوکی هایدرۆجین (تاک پرۆتۆنێک) بە ناوکێکی دتریۆم (پێکهاتوو لە پرۆتۆنێک و نۆترینۆیەک) کاردانەوەکە دەبێت هێواش بکاتەوە، چونکە تونێللێدانی کوانتەمی بە توندی هەستیارە بە بارستایی ٢ بەرامبەربووی تەنۆلکەکە، کە دەیەوێت تونێل لێ بدات. لە ئێستادا جانجۆ هەوڵ بۆ نزیکبوونەوەیەکی هاوشێوە بۆ بازدان دەدات، لێکۆڵینەوە لەوەی کە نرخەکانی بازدان لە ئاوی دوتریۆمکراو جیاوازە: D_2O لەجیاتیی H_2O. وەک باسمان کرد، وا دیارە بەم جێگۆڕکێیە بە ڕاستی نرخەکە دەگۆڕێت، بەڵام کاری زۆر، پێویستە ئەنجام بدرێت کە کاریگەرییەکە بە ڕاستی تونێللێدانی کوانتەمی بێت، لەگەڵ گۆڕینی هایدرۆجین بە دوتریۆم دەکرێت کاریگەی لەسەر زۆر پرۆسەی بایۆمۆلکیولیی تر دابنێت بەبێ ئەوەی بگەڕێینەوە بۆ هیچ لێکدانەوەیەکی میکانیکیی کوانتەمییانە.

جیم چڕ بووەتەوە لەسەر لێکۆڵینەوە لەوەی ئایا تونێللێدانی کوانتەمیی پرۆتۆنەکان لە جووتلوولەکەی DNAدا بەپێی تیۆری دەکرێت

یان نا. کاتێک فیزیاییەکی تیۆری، دەستەویەخە لەگەڵ پرسێکی ئاڵۆز وەک ئەمە دەبێت، ئەو هەوڵ دەدات مۆدێلێکی سادەی ماتماتیکی بونیاد بنێت کە بە شێوەی ماتماتیکی بکرێت کاری لەسەر بکرێت و گرنگترین لایەنەکانی سیستەمەکە یان پرۆسەکە لە خۆ بگرێت. ئەم مۆدێلانە دوایی دەکرێت ئاڵۆزییەکەی بەرز بکرێتەوە و وردەکاریی زیاتری لێ زیاد بکرێت بە مەبەستی ئەوەی نزیک ببێتەوە لە شتە ڕاستەقینەکە.

مۆدێلی هەڵبژێرراو وەک خاڵی دەستپێک بۆ شیکاریی ماتماتیکی لەم بارەدا دەکرێت وەک تۆپێک وێنە بکرێت (پیشاندەری پرۆتۆنێک) کە بە ٢ سپرینگی گرێدراو بە دیورەکانەوە گرێ دراوە (وێنەی ٧:٤)، هەر کامیان لە ئاراستەی دژەتۆپەکە ڕادەکێشن.



وێنەی ٧:٤

پرۆتۆنی بەندێکی هایدرۆجینی کە ٢ شوێن پایەی DNA پێکەوە دەبەستێتەوە، بە شێوەیەک کە دەکرێت وەک ٢ سپرینگ لەبەرچاو بگیررێت، کە لە لایەکەوە بۆ لاکەی تر بلەرێتەوە. ئەو ٢ شوێنی مومکینی هاوسەنگی هەیە کە لێرەدا بە شێوەی چاڵێکی وزەی دوانی پێشکەش کراوە. لای چەپی چاڵەکە (بەرامبەر بە شوێنی نابازدراو) تۆزێک قووڵترە لە چاڵەکەی لای ڕاست (شوێنی تاتۆمێری) و هەر بۆیە پرۆتۆنەکە مەیلی هەیە لە لای چەپ بێت.

تۆپ کاتێک سپرینگەکان ڕاکێشانەکەیان یەکسان بێت، تۆپەکە لە شوێنەکەیدا ئۆقرە دەگرێت؛ هەر بۆیە ئەگەر یەکێک لە سپرینگەکان تۆزێک کەمتر لەوی تریان گرژ ببێت لەوی تریان، کەوابوو تۆپەکە نزیکتر دەبێت لەو دیوارەی کە سپرینگە گرژترەکەی لێوە نزیکە. لەگەڵ ئەوەشدا هێشتا دەبێت هەندێک شت بەم سپرینگە بدرێت، بە شێوەیەک مومکین بێت بۆ تۆپێک لە شوێنێکی کەمتر هاوسەنگدا جێگیر ببێت و نزیک بێت لە دیوارەکەی تر. کەوابوو ئەمە بەرامبەر بەو شتەی لە فیزیای کوانتەمدا ناو نراوە بە ماتەوزەی دەبڵی چاڵەکە و باسی بارودۆخی پرۆتۆنی بەکۆدکەر لە ستوونی DNAدا دەکات، کە چاڵی لای چەپی دایاگرامەکە بەرامبەرە بە شوێنی ئاسایی پرۆتۆنەکە، لە کاتێکدا لای ڕاست بە باشی شوێنە تاتۆمێرییە دەگمەنەکە پیشان دەدات. ئەگەر بابەتەکە بە شێوەی کلاسیکی لەبەرچاو بگرین، هەرچەندە پرۆتۆنەکە بە زۆری لە چاڵەکەی لای چەپ دەدۆزرێتەوە، ئەگەر وزەی پێویستی لە دەرەوە پێ بگات، زۆر جار باز دەدات بۆ لاکەی تر (تاتۆمێری). بەڵام هەمیشە لە لایەکە، یان ئەملا یان ئەولا. بە هەرحاڵ، میکانیکیی کوانتەمی هەمیشە ئەو هەلە دەڕەخسێنێت کە لە بەربەستەکەوە تونێل لێ بدات، تەنانەت ئەگەر وزەی پێویستیشی بۆ گەیشتن بە لوتکە پێ نەبێت: حەتمەن مەرج نییە پڵتۆکی لێ بدرێت. نە تەنها ئەمە، بەڵکو دەکرێت پرۆتۆنەکە هاوکات لە سەریەککەوتنی ٢ دۆخە شوێنییەکەدا بێت (چاڵی چپ و ڕاست).

هەڵبەت کێشانی وێنەیەک زۆر ئاسانترە لەوەی کە مۆدێلێکی ماتماتیکی بە دروستی شرۆڤەی بارودۆخەکە بکات، بۆ تێگەیشتن لە ڕەفتاری پرۆتۆنێک ئێمە پێویستیمان بە ڕوخساری چاڵێکی ماتەوزە یان ڕووبەری وزەی زۆر ورد هەیە. ئەمە زۆر ڕوون نییە، چونکە بەندە لەسەر ژمارەیەکی زۆر گۆڕاو. نە تەنها بەندە هایدرۆجینییەکان بە شێوەی جۆری بەشێکە لە ڕێسایەکی ئاڵۆزی DNAی پێکهاتوو لە سەدان یان تەنانەت هەزاران ئەتۆم، هەروەها لە

ناو حەوزێکی گەرمی مۆلکیولەکانی ئاو و مادە کیمیاییەکانی تری ناو خانەکەیە. سەرەڕای ئەوە، لەرینەوەی مۆلکیولی، لەرینەوەی گەرمایی، کاردانەوە کیمیاییەکان کە ئەنزیمەکان وەکاری دەخەن و تەنانەت تیشکدانەوەی ئایۆنایزی دەکرێت کاریگەرییان لەسەر ڕەفتاری بەندی DNA بە هەدوو شێوەی ڕاستەوخۆ و ناڕاستەوخۆ هەبێت.

نزیکبوونەوەیەک بۆ ڕووبەڕووبوونەوە لەگەڵ ئەم ئاستە لە ئاڵۆزی لە لایەن ئادام گادبیرەوە (Adam Godbeer) بە کار هێنرا، کە خوێندکارێکی دکتۆرای جیم بوو، کە لە نزیکبوونەوەیەکی ماتماتیکی بەهێز سوودی وەردەگرت بە ناوی تیۆریی نەخشەی چڕی ((density functional theory (DFT)). ئەمە ئەو هەلە دەدات کە ڕوخساری وزەی بەندی هایدرۆجینیی چاڵەکە دیاری دەکات بە لەبەرچاوگرتنی زانیارییە ڕێساکانی جووت پایەی DNA بە دروستی دەکرێت هەژمار بکرێت[٨٠].

وا وێنای بکە کاری DFT بریتییە لە بەرنامەڕێژی بۆ هەموو ئەو هێزانە کە کار دەکاتە سەر بەندە هایدرۆجینییەکان بە هۆی ڕاکێشان، پاڵنان و شلکردنی ئەتۆمەکانی دەوروبەری DNA. ئەم زانیارییە بە کار دێت بۆ ئەژمارکردنی ئەو ڕێگەیەی تونێلێدانی کوانتەمی بە درێژیی کات ڕوو دەدات. ئەو ئاڵۆزییەی زیاد کراوە، بریتییە لە بوونی ئەتۆمەکان لە دەوری DNA و مۆلکیولەکانی ئاو بەردەوام کاریگەری لەسەر پرۆتۆنەکە دادەنێن و ئەو توانایییەی دەدەنێ بۆ ئەوەی لە یەکێک لە ستوونەکانی DNAیەوە تونێل لێ بدات بۆ ئەوی تریان. بەڵام ئەم کاریگەرییە بەردەوامەی ناوەندی دەرەکی دەکرێت لە هاوکێشە دەرەکییەکانیشدا هەبێت. هەژمارکردنەکانی گادبیر پێشنیازی دەکرد، کە هەرچەندە مومکینە ٢ پرۆتۆن بە پانتایی شوێنە تاتۆمێرییەکانیان لە

[80] A. D. Godbeer, J. S. Al-Khalili, and P. D. Stevenson, "Modelling Proton Tunnelling in the Adenine-Thymine Base Pair," accepted for publication in Physical Chemistry, Chemical Physics (2015).

بەندی A-T تونێل لێ بدەن، بەڵام ئەگەرەکەی زۆر لاوازە. بە هەرحاڵ، مۆدێلی هەژمارکردنی زیاتر پێویستە، مۆدێلە تیۆرییەکان پیشان دەدەن کە چالاکیی ناوەندی دەوروبەر لە ناو خانەیەکدا بە شێوەی چالاک لەجیاتیی تونێلێدان هێواش بکاتەوە، خێرای دەکاتەوە.

کەوابوو ئێمە ئێستا دەبێت چی گریمانەیەک سەبارەت بە پەیوەندیی نێوان جینێتیک و میکانیکیی کوانتەمی بکەین؟ ئەوەی ئێمە لە بنچینەدا لە بۆماوەیی تێگەیشتووین، کۆدە جینێتیکییەکانی ئێمە تەنۆلکە کوانتەمییەکان دەینووسێت. ڕێک وەک چۆن ئێروین شرۆدینگێر پێشبینیی کردبوو، جینە کوانتەمییەکان ڕێسا کلاسیکی و ئەرکی هەر میکرۆبێک، ڕووەک و ئاژەڵ و هەر شتێک کە زیندووە، بە کۆد دەکەن. ئەمە ڕێکەوت نییە و ناپەیوەندیداریش نییە، چونکە کۆپیکردنی زۆر باشی جینەکان بە ئاسانی کاری نەدەکرد ئەگەر ڕێسایان کلاسیکی بوایە: ئەوان هێندە بچووک نین لە ژێر کاریگەریی ڕێساکانی کوانتەمدا بن. ڕێسای کوانتەمیی جینەکان ئەو هەلە دەدات بە میکرۆبەکانی فۆستۆک بە باشی جینۆمەکانی خۆیان لە ماوەی هەزاران ساڵدا دووبارە بکەنەوە، وەک چۆن هەلیان دەدا بە باوانەکانمان کە لە ماوەی چەندین ملیۆن، لە ڕاستیدا ملیارد ساڵ پێش دەرکەوتنی ژیان لەسەر هەسارەکەمان، جینەکانیان کۆپی بکەنەوە. ژیان نەدەکرا بپارێزرێت و پەرە بسێنێت لەسەر زەوی ئەگەر چەندین ملیارد ساڵ لەوەوپێش فێڵی بەکۆدکردنی زانیاری لە ناوچەی کوانتەمی نەدەدۆزییەوە (ئەمە لە ئێستادا یەکێکە لە بابەتە گەرمەکانی زیندەناسیی کوانتەمی، واتە ئایا ژیان سوودە کوانتەمییەکانی دۆزییەوە، یان میکانیکیی کوانتەمی هاوشانی بووە بۆ وەگەڕخستنی). لە لایەکی ترەوە، چی میکانیکیی کوانتەمی ڕۆڵێکی گرنگ و ڕاستەوخۆ لە بازدانی جینێتیکیدا بگێڕێت یان نا - لادان لە کۆپیکردنی زانیاریی جینێتیکی کە زۆر گرنگە بۆ پەرەسەندن - هێشتا دەبینرێت.

٨

زیهن

ژان - ماری شوڤه (JEAN-MARIE CHAUVET) له پاریزگای کۆنی فەرەنسی، ئاوڤیرجن (Auvergne) له دایک بوو، بەڵام کاتێک تەمەنی ٥ ساڵان بوو، دایکوباوکی کۆچیان کرد بەرەو باشووری خۆرهەڵاتی ئاردشە (Ardeche). ناوچەیەکی دڵرفێن له رووبار و شیو و دۆڵی تەسک که گابەردە کلسەکانی دەبڕی. ژان - ماری له تەمەنی ١٢ ساڵیدا حەزی هەمیشەیی خۆی دۆزییەوە، ئەو و هاورێیەکانی کڵاوەکانی جەنگی جیهانیی دووەمیان لەسەر کرد بۆ ئەوەی پشکنین بۆ زۆر ئەشکەوت و کونەکانی دروستبوو له دیواری دۆڵەکانی ئاردیشە بە درێژیی رووبارە گەورەکە بکەن. له تەمەنی ١٤ ساڵیدا خوێندنگەی بەجێ هێشت، سەرەتا وەک بەردتاش کاری کرد و له دواییدا وەک کارمەندی فرۆشگەی رەقەئامێر و له کۆتاییدا وەک سەرپەرشتیار. بەڵام هێشتا لەژێر کاریگەریی کتێبەکەی نوربێرت کاستریت (Norbert Casteret)، ژیانم له ژێر زەوی بوو (My Life Underground). ژان - ماری هەموو کۆتایی هەفتەیەکی بۆ حەزەکانی سەردەمی منداڵیی خۆی تەرخان دەکرد، سەرکەوتن له بەردە گەورەکان یان هەڵکۆڵینی ئەشکەوتە تاریکەکان. خەونبینین

بەوەی ڕۆژێـک یەکەم کەس بێـت چاوەکـانی بە ڕووی گەنجێـک لە ئەشـکەوتێکی نەپشکنراو بکرێتەوە، هەمیشـە نەناسـراو ڕێبەڕایەتیمـان دەکـات. کاتێـک تـۆ لە نـاو ئەشـکەوتێک پیاسـە دەکەیـت، نازانیـت چـی دەدۆزیـتەوە، ئایـا لە گۆشـەکاندا کۆتـایی پـێ دێـت، یـان لە کۆتاییـدا شتێکی باش دەدۆزیتەوە؟ (چاوپێکەوتن لەگەڵ لۆس ئانجلۆس تـایمز، ١٤ی فیبریوەریی ١٩٩٥).

ڕۆژی شەممە، ١٨ی دیسـامبەری ١٩٩٤، وەک هەمـوو جارێکی تر ژان - مـاری ٤٢ سـاڵ و ٢ هـاوڕێی ئەشـکەوتپێوی، ئیلیـت برونیـل - دیشـامپس (Brunel-Deschamps Eliette) و کریسـتین هیلیـاری (Christian Hillaire) لە پشووی کۆتـایی هەفتەدا شـۆڕ بوونەوە بە دۆڵەکانـدا بـۆ ئەوەی شـتێکی نـوێ بـدۆزنەوە. دوانیـوەڕۆ کاتێـک هەوا سـارد و لێڵ دەبـوو، بڕیاریـان دا نـاوچەیەک بپشـکنن کە ناسـراوە بە کریکو دیسـتر (Cirque d'Estre) کە ڕوونـاکیی لێکەوتـووی لاوازی خۆری دوانیوەڕۆ لە خۆرەتاوە تۆزێک لە ڕۆژێکـی زسـتاندا تۆزێک لە لا نسارەکەی گەرمتری دەکـات. ئەم هاوڕێیـانە ڕێچکە هێسـترە ڕێیە کۆنەکانیـان گـرتە بەر، کە بە نـاو هەڵـدێر و بەرد و لێـژی و درەخـتە هەمیشە سەوزەکانی سنەوبەر و گژوگیا و گەوەن و گاورمەکاندا لوول دەبوو، کە دیمەنێکی سەرنجڕاکێشـی بۆ پۆن دئـارک (Pont d'Arc at) لە سـەرەتای دۆڵە بـاریکەکەدا دروسـت کردبـوو. لە کاتێکدا ئەوان بە نـاو چیمەنەکانـدا خەریکـی هەوڵ و تەقەلـلا بـوون، ئەشـکەوتێکی بچووکیان لە ناو بەردەکاندا بەدی کرد، کە ٢٥ سـانتیمەتر پـانی و ٧٥ بەرزییەکەی بوو.

لە ڕاسـتیدا ئەمە بانگهێشـتکردن بـوو ئەشـکەوتپێوەکان، بـۆیە هەر زۆر زوو خزانە نـاو کەلەبەرەکەوە و چـوونە نـاو ژوورێکەوە کە تەنهـا چەنـد مەترێـک درێـژ بـوو، بەڵام هێنـدە بەرز بـوو کە لەسـەر پـێ ڕابوەسـتن. ئەوان بە خێرایـی سـروەیەکی لاوازیـان لە پشـتی ژوورەکەوە هەسـت پـێ کـرد. هەر کەسـێک کە لە ئەشـکەوتەکاندا

دەگەڕێـــت لەگەڵ ئەو هەســـتی خۆشـــیی ســــروەیەکی گەرم کە لە تونێلێکی نەبینراوەوە دێت، ئاشنایە.

تـــیمەکە لە کۆتــــایی ژوورەکەوە دەســــــتیان دایە لابردنـــــی وردەبەردەکــان، تــا ســـەرچاوەی هەواکەیــان دۆزیــیەوە: ڕێڕەوێــک دەڕۆیشــت بەرەو خــوارەوە. بچـووکترینی تـیمەکە، واتە ئیلیـت، یەکەم کەس بوو بە پەت شۆڕ بووەوە بۆ شـوێنێکی تەسـک و تاریک کە بە سکەخشکە دەیتوانی پێیدا بڕوات.

ســـەرەتا چـووە خـوارەوە، پێش ئەوەی ڕێگەکە بکـاتەوە گەڕایەوە دواوە، لەو خـاڵەدا ئیلیـت دەیتـوانی ببینێت کە ١٠ مەتـر لە ســەرەوەی ئەرزێکــی خــاکی ڕووســـە. ڕوونــاکییەکە زۆر لاوازتـر لەوە بــوو تــا دیوارەکـان ڕوونـاک بکـاتەوە، بەڵام ئیکـۆی دەنـگ کە دەگەڕایەوە، لە تاریکیدا پێی دەگوت لە ناو ئەشکەوتێکی گەورەدایە.

تــیمەکە زۆر هەســـتیان بە ورووژان دەکـــرد، بەڵام بــۆ ئەوەی پەیژەیەک لەگەڵ خۆیان بهێنن، ناچار بوون بگەڕێنەوە بۆ ئوتـۆمبیلە ڤانەکە کە لە داوێنی گابەردەکاندا پارک کرابوو. دوای ئەوەی جـارێکی تر شۆڕ بوونەوە بە ڕێچکەکەدا و پەیژەکەیان داهـێڵا بۆ ئەوەی بگەن بە ئەشــــکەوتەکە، ژان - مـــاری یەکەم کەس بـــوو گەیشـــت بە بنـــی ئەشـکەوتەکە. بە ڕاسـتی ئەشـکەوتێکی گەورە بـوو لانـیکەم ٥٠ مەتـر بەرزی و هەر بەو ڕادەیە پانتـــــــاییەکەی بــــــوو بە ســــــــتوونی سەرسووڕهێنەر لە کلاسیتی سپی. هەرسێکیان بە وردی لە تاریکیدا هەنگاویان هەڵدەهێنا و پێیـان لە شـوێنپێی یەکتری دادەنـا بۆ ئەوەی ناوەندە دەستلێنەدراوەکە و لافاوە گەورەکـانی ڕابـردوو و توێیەکـانی ڕووبــاری ســـەرەتایی تێـک نەدەن، ئێســک و دانــی ورچە لەمێــژە مردووەکــان لە نــاو هــێلانەی نوســـتنی زســـتانەی ئاژەڵەکانـدا بـڵاو بووبووەوە و لە ناو قوڕی بنی ئەشکەوتەکەدا چەقیبوون.

کاتێک ڕوونـاکیی گڵۆپەکەی ئیلیت گەیشت بە دیوارەکە، هـاواری کـرد. ئەو ئامــاژەی بە هێڵێکــی زەرد و ســوور کـرد کە مامووســێکی

بچکـۆلەی دروسـت دەکـرد. بە بێـدەنگی هاوڕێیەکـانی بە درێژیـی دیـوارەکەدا ڕۆیشـتن، لەژێـر ڕووناکیـدا ڕوخسـارەکانی ورچێـک، شێرێک، باڵندە ڕاوکراوەکان و ماموسێکی تر، تەنانەت کەرکەدەنێک، کە بە دەستی مرۆڤ کێشرابوون، دەبینرا. شاڤێت هاواری کرد: "من پێم وایە ئێمە خەون دەبینین، ئێمە خەن دەبینین!"[٨١]

لایتەکـانی تـیمەکە توانایـان نەمـا، بـۆیە ئەوان بە ڕێگەکەیانـدا گەڕانەوە و لە ئەشکەوتەکە هاتنە دەرەوە و گەڕانەوە بۆ ماڵی ئێلیت بـۆ ئەوەی نـانی نیـوەڕۆ لەگەڵ کـچەکەی کـارۆل بخـۆن. بەڵام نەیانـدەتوانی ئەو خۆشـییەی بینیبوویـان، بـۆ کـارۆلی بگێـڕنەوە. لەجیـاتیی ئەوە، کچەکەیـان هەڵگـرت و لەگەڵ خۆیـان بردیـان بـۆ ئەشکەوتەکە تا خۆی هەستی پێ بکات.

لە تاریکیی شـەودا دووبـارە گەڕانەوە بۆ ئەشـکەوتەکە، ئەم جارە لایتـی بەهێزیـان پـێ بـوو کە بە تەواوەتـی دۆزینەوەکەیـانی ڕوونـاک دەکردەوە: چەندین ئەشکەوت بە وێنەی سەرسوورهێنەری ئـاژەڵان ڕازابـووەوە: ئەسپ و مراوی، کوندەپەپوویەک، شێر، کەمتیار، پڵنگ، ئاسکی شاخدار، ماموس، بزنەکێوی و گامێشـی کێوی. هەموویـان بە شێوەیەکی سروشتیی زۆر سەرسوورهێنەر کێشـرابوون، بە خەڵووز سێبەریان بۆ دروست کرابوو و سەریان خرابووە سـەرێک بۆ ئەوەی قووڵایی هەبێت و جووڵەی تێدا بەرجەسـتە کرابوو. ڕیزێـک ئەسـپی بێدەنگی خەمبـار کێشـرابوون، بێچـووە ماموسـێک بە پێـی گەورە و خڕەوە و جووتێک کەرکەدەنی بارکراو. تەنانەت کەرکەدەنێک هەبوو بە ٧ پێوە کە پیشاندەری جووڵەی ڕاکردن بوو.

ئەشـکەوتی شـاڤێت، کە ئێسـتا ئەو نـاوەی لـێ نـراوە، ناسـراوە بە یەکێک لە شوێنە هونەرییە زۆر گرنگەکانی پێش مێژوو. چونکە زۆر

[81] J-M. Chauvet, E. Brunel-Deschamps, C. Hillaire and J. Clottes, Dawn of Art. The Chauvet Cave: The Oldest Known Paintings in the World (New York: Harry N. Abrams, 1996).

پارێزراوە - تەنانەت هەڵگری شوێنپێی دانیشتوانە کۆنەکەیەتی - ئەو شـــوێنە داخـــراوە و ناوەنـــدەکەی بە وردی لە دەرەوە پـــارێزراوە. دەستپێداگەیشتنی زۆر کۆنترۆڵ کراوە و تەنها ژمارەیکی کەم خەڵکی بەختەوەر دەتوانن بچنە ناوی: یەکێک لەوان فیلمدروستکەری ئەڵمانی، ڤێرنەر هیرزۆگ (Werner Herzog) بوو، کە لە سـاڵی ٢٠١١دا بە هـۆی فیلمـی ئەشـکەوتی خەونە فەرامۆشـکراوەکان (Cave of forgotten dreams) نزیکتـر لە هەمووـمـان چێـژی لە هـونەرە بەردینەکـانی ڕاوچییەکـانی سـەردەمی سـەهۆڵبەندان دەبـرد، کە بـۆ ماوەی ٣٠،٠٠٠ ساڵ لەو ئەشکەوتانەدا شارڕابووەوە.

ئەوەی ئـێمە لەم بەشـەدا پشـکنینی بـۆ دەکەیـن، وێنەکـانی سـەر بەردەکـــان نیـــیە، بەڵکـــو لەوانەیە ئەو مەتەڵە بێـــت کە ناونیشـــانی فـیلمەکەی هیـرزۆگ باسـی دەکـات. ئەوەی ڕوونە لە سـەیرکردنی وێنەکانەوە، ئەوان بریتی نین لە پیشاندانی دووڕەهەندیی ئەو شتەی بە چـاو دەبینرێـت. ئەوان زۆربەی جـار جـووڵە پیشـان دەدن و بە بەکارهێنـانی لارکـردنەوە و چەمـاوە لەسـەر بەردەکـان هەوڵ دەدەن بـوونی سـێڕەهەندی بە ئاژەڵەکـان بـدەن. هونەرمەنـدەکان تەنهـا شـتەکانیان بە سـادەیی وێـنە نەکێشـاوە، بەڵکـو ئەوان ئایـدیاکانیان کێشاوە. ئەو مرۆڤانەی ئەو ڕەنگانەیان لەسەر دیوارەکانی ئەشکەوتی شاڤێت نەخشاندووە، هاوشێوەی ئێمە خەڵکێک بوون کە سەبارەت بە جیهـان و شـوێنەکەیان بیریـان دەکـردەوە، ئەوان هەڵگـری ئاگـایی (conscious) بوون.

بەڵام ئاگایی چییە؟ هەڵبەت ئەمە پرسیارێکە کە فەیلەسووفەکان، هونەرمەندان، دەمارناسـان و لە ڕاستیدا هەموومـان لەو کـاتەوەی کە ئاگاییمـان هەبـووە، بە خـۆیەوە سـەرقاڵ کـردووە. لەم بەشـەدا ئـێمە ڕێگەیەکـی پارێزگـارانە دەگـرینە بەر بەبـێ ئەوەی خۆمـان بـدەین لە پێناسـە ڕەقوتەقەکـان. لە ڕاسـتیدا ئەمە دیـدگامانە کە هەوڵـی زۆر بـۆ تێگەیشـــتن لەم ســـەیرترین دیـــاردانەی زیندەناســـی زۆربەی جـــار

جەختكـردنەوەی زۆر لەسـەر پێناسـەی ڕەقـوتەق ڕێگـری دروسـت دەكات. زیندەناسـەكان تەنانەت ناكرێت لەسـەر تـاك پێناسـەیەك بـۆ ژیـان لە خۆیـدا هـاوڕا بـن، بەڵام ئەمە ڕێگـری لـێ نەكـردوون پەردە لەسـەر لایەنەكـانی خـانە، جـووت لـوولپێچەكە، ڕۆشـنەپێكهاتن، ئەنزیمەكان لا بدەن و دیاردە میوانەكانی تری ژیـان، بەو شتانەشـەوە لە میكـانیكیی كـوانتەمییەوە دێـت، كە ئێسـتا دەركەوتـووە سەروكەللەلێدانە لەگەڵ ئەو شتەی كە بە واتای زیندووە.

باسی زۆر لەم دۆزینەوانەمـان لە بەشـەكانی پێشـوودا كـرد، بەڵام هەمـوو ئەو شـتانەی پێشـتر قسـەی لەسـەر كـرا، لە بـزۆكەی موگناتیسـییەوە بـۆ ئەنزیمەكـانی كـرداركەر، لە فۆتۆسـەنتزەوە بـۆ بۆماوە و بۆن، دەكرێت بەپێی فیزیـا و كیمیـای ئاسـایی قسـەی لەسـەر بكرێـت. لە كاتێكـدا میكـانیكیی كـوانتەمی لەوانەیە نائاشـنا بێـت، بە تـایبەتی لە دیدی زیندەناسـەكانەوە، بەڵام بە تەواوتـی لە چوارچێوەی زانسـتی نوێـدایە. هەرچەنـدە لەوانەیە تێگەیشـتنی تەواوی باومـان بـۆ تـاقیكردنەوەی ٢ كەلەبەرەكە یـان گیرۆدەیـی كـوانتەمی، ماتمـاتیكییەك كە میكـانیكیی كـوانتەمیی لەسـەر بەنـدە، ورد لـۆجیكی و زۆر بەهێـز بێت. بەڵام ئاگایی جیاوازە. كەس نازانێت لە كوێ و چۆن ئەو لەگەڵ جۆرێك زانستدا دەگونجێت كە ئێمە پێشـتر قسـەمان لەسـەر كردووە. هیچ هاوكێشەیەكی متمانەپێكراوی ماتماتیكی نییە كە هەڵگری چەمكی ئاگایی (consciousness) بێت و بە ناهاوشێوەیی دەڵێن كاتالیست یـان گواسـتنەوەی وزە، تـا ئێسـتا لە نـاو شـتێكدا كە زینـدوو نیـیە، نەدۆزراوەتەوە. ئایـا ئەمە تایبەتمەنـدییەكی هەمـوو ژیـانە؟ زۆرتریـنی خەڵـك بڕویـان وایە نـا و دەبێـت ئاگـایی بـۆ ئەو بـوونەوەرانەی كە هەڵگـری سیسـتەمی هەسـتەدەمارن لەبەرچـاو بگیررێـت، كەوابـوو چەنـدێك سیسـتەمێكی هەستەدەمار پێویستە؟ ئایا ماسیی كلاونفیش حەزی لێیە بۆ ماڵەكەی لە كەڵەكەبەردەكـان بگەڕێتەوە؟ ئایـا ڕۆبینـە ئەرووپییەكەی ئێمە بە ڕاسـتی هەسـت بە هۆكـار دەكـات بـۆ ئەوەی

زستان بەرەو باشوور بفڕێت، یان ئەو وەک فڕۆکەوانێکی ئۆتۆماتیکی وایە، هاوشێوەی لێخوڕی فڕۆکە؟ زۆربەی خاوەن ئاژەڵەکان هەست دەکەن کە سەگ، پشیلە یان ئەسپەکانیان ئاگاییان هەیە؛ ئایا ئاگایی لە شیردەرەکاندا دەردەکەوێت؟ زۆربەی خەڵک کە تووتی یان کەناریيان هەیە، دڵنیان کە ئاژەڵەکانیان هەر بەو ڕادەیە کەسێتییان هەیە کە ئەو پشیلانەی ڕاویان دەنێن، هەیانە. بەڵام ئەگەر ئاگایی لە هەردووی باڵندە و شیردەردا هاوبەشە، کەوابوو لەوانەیە هەردووکیان ئەم سیفەتەیان لە پێشینەیەکی هاوبەشی بەئاگاوەوە وەرگرتبێت، لەوانەیە شتێک بووبێت هاوشێوەی خشۆکە سەرەتاییەکان کە ناسراوە بە ئامنیۆت (amniote)، کە نزیکەی ١٠٠ ملیۆن ساڵ لەوەوپێش دەژیا و لەوە دەچێت باوانی باڵندە و شیردەر و دایناسۆرەکان بووبێت. بۆیە ئایا تیرانۆسۆروس ڕێکس (Tyrannosaurus rex) کە لە بەشی ٣دا باسمان کرد و لە قوڕەکەی ترياسیکدا (Triassic swamp) چەقیی، هەستی بە ترس کردووە؟ ئایا گیاندارە زۆر کۆنترەکانی تر نائاگا بوون؟ زۆر لە خاوەن ئاکواریۆمەکان جەخت دەکەنەوە لە ماسی یان لەششلەکانی وەک ئۆکتۆپی هۆشیارن، بەڵام بۆ دۆزینەوەی باوانی هەموو ئەم گرووپانە دەبێت بگەڕێینەوە بۆ دەرکەوتنی بڕبڕەدارەکان لە سەردەمی کامبرین، واتە ٥٠٠ ملیۆن ساڵ لەوەوپێش. ئایا بە ڕاستی ئەوانیش بەئاگا بوون؟

هەڵبەت بە ڕاستی ئێمە نایزانین. تەنانەت خاوەنی ئاژەڵەکانیش تەنها گومان دەکەن، چونکە لە ڕاستیدا هیچ کەس نازانێت چۆن جیاوازی بکات لە نێوان ڕەفتاری شێوە - مرۆڤ لە ئاگایی ڕاستەقینە. بەبێ زانینی ئەوەی ئاگایی چییە، هەرگیز ناکرێت بزانین کام فۆرمی ژیان هەڵگری ئەم تایبەتمەندییەیە. هەر بۆیە نزیکبوونەوەی سادەی ئێمە بریتییە لەوەی خۆمان بە دوور بگرین لە ئارگیومێنت و گفتوگۆی لەم بابەتە و بە تەواوەتی خۆمان بە دوور دەگرین لەو پرسیارەی کە ئاگایی کەی لەسەر هەسارەکەمان دەرکەوت، یان

کامیەک لە خزمەکانمان لە شانشینی ئاژەڵان ئاگای لە خۆیەتی. وەک خاڵێکی دەستپێک، جەختمان کردەوە کە ئەو ئەژدادەمان کە ئایدیای ورچ، گامێش یان ئەسپە وەحشەکانیان لەسەر دیواری ئەشکەوتە کۆنەکان کێشاوە، بە دڵنیاییەوە زیرەک بوون. هەر بۆیە کاتێک لە نێوان ۳ ملیارد یان زۆر پێشتر، کاتێک میکرۆبەکان سەرەتا لە قوڕە سەرەتاییەکان وەدەرکەوتن و دەیان هەزار ساڵ لەوەوپێش ئەو مرۆڤە مودێرنانە ئەشکەوتەکانیان بە وێنەی گیانداران نەخشاند، تایبەتمەندییەکی ورد لەو مادە زیندووەی کە لێی پێک هاتبوون، هاتبووەوە ئاراوە: هەندێک لەو مادانە بەئاگا بوون. ئامانجمان لەم بەشەدا بریتییە لەوەی چۆن ئەمە ڕووی داوە- و لێکۆڵینەوە لەو پێشنیازە کە میکانیکیی کوانتەمی ڕۆڵێکی گرنگ لە دەرکەوتنی ئاگاییدا دەگێڕێت.

سەرەتا لەژێر ڕۆشنایی بەشەکانی پێشوومانداا، دەپرسین ئایا ئێمە پێویستە پەنا ببەین بۆ میکانیکیی کوانتەمی بە مەبەستی شرۆڤەی نهێناویترین دیاردەی مرۆڤ؟ بە دڵنیاییەوە ئەمە بەس نییە بۆ ئەوەی ئەو دیدگایە پەسەند بکەین کە هەندێک کەس هەیانە، کە ئاگایی نهێناوییە و قورسە بۆ تێگەیشتن و میکانیکیی کوانتەمی نهێناوییەوە و قورسە بۆ تێگەیشتن، هەر بۆیە بە دڵنیاییەوە ئەم دووە دەبێت بە ڕێگەیەک پێکەوە ببەسترێنەوە.

چۆنە ئاگایی سەیرە؟

لەوانەیە سەیرترین ڕاستیی ئێمە سەبارەت بە گەردوون دەیزانین، بریتی بێت لەوەی شتی سەرسووڕهێنەر و سەیر سەبارەت بەو بەشەی کە دەکەوێتە ناو کەللەی سەرمانەوە، هەیە: واتە سەبارەت بە ئاگایی ناو زیهنمان. بە ڕاستی ئەمە سەیرییەکی بەرزی هەیە، بە تایبەتی تایبەتمەندیی ئەم سیفەتە سەیروسەمەرەیە بە تەواوەتی ڕوون نییە. فەیلەسووفەکان زۆربەی جار بە وێناکردنی بوونی زۆمبی

وەڵام دەدەنەوە. ئەم ئەرکە تەنها وەک بوونی مرۆڤ بۆ چالاکییەکانی لەبەرچاو دەگرن، نەخشاندنی دیواری ئەشکەوتەکان یان خوێندنەوەی کتێب، بەڵام بەبێ ژیانی ناوەوەیی؛ هیچ شتێک لە کەللەسەریاندا نییە جگە ژمێرکاریی میکانیکی کە ماسولکەکان و بزوێنەری ئەرکەکان کە توانا بۆ زمانیان فەراهەم دەکات. زۆمبییەکان بە شێوەی خۆسەرن، بەبێ هۆشیاری یان هەستپێکردن. ئەم بوونەوەرانە کە لانیکەم لە دیدی تیۆرییەوە دەکرێت هەبن، بەم ڕاستییانە پشتگیری دەکرێت کە ژمارەیەک زۆر لە کردارەکانمان – پیاسە، لێخوڕینی پاسکیل، ئەو جووڵانەی کە پێویستن بۆ ژەندنی ئامێرێکی موزیکی ئاسایی و تا دوایی – لەوانەیە بە شێوەی نائاگایانە ئەنجام ببێت (بەو مانایە کە زیهنی ئاگایی ئێمە کاتێک ئەم کارانە ئەنجام دەدەین، لەوانەیە لە شوێنێکی تر بێت)، بەبێ ئاگاداری و بیرکردنەوە. بە ڕاستی کاتێک ئێمە سەبارەت بەوان بیر دەکەینەوە، کاراییمان لەم چالاکییانە دادەبەزێت. لانیکەم بۆ ئەم کردارانە وا دەردەکەوێت ئاگایی ناپێویستە. کەوابوو ئەگەر هەندێک چالاکی هەن کە دەکرێت بەبێ ئاگایی ئەنجام بدرێن، کەوابوو لانیکەم دەکرێت وێنای ئەوە بکەین، کە بوونەوەرێک هەبێت هەموو چالاکییەکانی مرۆڤ وەک فرۆکەوانێکی ئۆتۆماتیکی ئەنجام بدات؟

وا دیارە نابێت؛ هەندێک چالاکی هەیە کە وا دەردەکەوێت ئاگایی پێویستە، بۆ نموونە زمانی سروشتی. زۆر قورسە وێنای فرۆکەوانێکی ئۆتۆماتیک بکرێت گفتوگۆ بکات. هەروەها بۆ ئێمە قورسە خشتەی وشە یەکتربڕەکان بە فێڵێکی ئۆتۆماتیک چارەسەر بکەین. ئێمە ناکرێت هونەرمەندەکەی سەردەمی سەهۆڵبەندانمان وا وێنا بکەین (بە شێوەی خۆویست وای دادەنێین وێنەکێشەکەمان مێ بووە- (ئێمە لێرەدا ئەو کێشەیەمان نییە He یان She بە کار بهێنن- وەرگێر)) توانای ئەوەی هەبووبێت گامێشێک لە هیچەوە لەسەر دیواری ئەشکەوتەکە بکێشێت بەبێ ئەوەی بەئاگا بێت. ئەوەی لە

هەموو ئەم چالاکییە هۆشیارانەدا هاوبەشە، بریتییە لەوەی ئەوان لە ئایدیاوە دێن، وەک ئایدیای پشت وشەیەک، چارەسەری پرسێک یان تێگەیشتن لە گامێش و واتای ئەو بۆ خەڵکی سەردەمی بەردین دەبێت چی بێت. لە ڕاستیدا دیوارەکانی ئەشکەوتی شاڤیت بەڵگەی زۆر سەبارەت بە زۆرترین بەکارهێنانی ئایدیاکان دەخاتە بەردەست: هێنانی چەندین دانە لەوان پێکەوە بۆ دروستکردنی واتایەکی نوێ. بۆ نموونە بەردێکی هەڵواسراو بە شێوەیەکی نامومکین وێنەی کێشراوە کە هەڵگری نیوەی سەرەوەی جەستەی گامێش و نیوەی خوارەوەی جەستەی مرۆڤە. وەها تەنێک تەنها دەکرێت بە زیهنێکی بەئاگا خەلق بوو بێت.

کەوابوو ئایدیاکان چین؟ بۆ مەبەستی ئێمە، وای دادەنێین ئایدیاکان پێشاندەری زانیاریی ئاڵۆزن کە لە زیهنی ئێمەدا خڕ دەبنەوە بۆ ئەوەی واتاکان دروست بکەن، کە لە لای ئێمە واتای هەیە، وەک ئەو وێنەی نیوەمرۆڤ و نیوەگامێشەی سەر دیواری ئەشکەوتەکە، کە بۆ ئەو خەڵکەی لە ناو ئەشکەوتدا دەژیان، واتای هەبوو. ئەم گوشینەی زانیاریی ئاڵۆز لە ناو تاک ئایدیایەک لە شرۆڤەیەک کە دەڵێن هی مۆزارتە، ئاماژەی پێ دراوە: "چۆن بەستەیەکی تەواوی مۆسیقا لەوانەیە ماوەیەکی درێژی بوێت لە ناو سەرم تەواو بکرێت. لە دواییدا زیهنم بە خێرایی لەچاو تروکانێکدا دەیڕفێنێت... ئەمە بە شێوەی یەک لە دوای یەک نییە، با پارچەی جیاواز بە وردی کار دەکات، وەک چۆن دواتر دەبن، بەڵام بە تەواوەتی."[82] زیهنی بەئاگا

---

[82] ئاماژەپێکراو لە:

J. Hadamard, Essay on the Psychology of Invention in the Mathematical Field (Princeton: Princeton University Press, 1945).

هەروەها بەپێی:

Daniel Dennett in "Memes and the exploitation of imagination," Journal of Aesthetics and Art Criticism, vol. 48 (1990), pp. 127–35

لە پێگەی ژێرەوەدا هەیە:

دەتوانێت زانیاریی ئاڵۆز بە بەشی جیاوازەوە دەست بخات، بە شێوەیەک دەکرێت واتایەکی گشتیی لێ دەربهێنرێت. هۆشیاری ئەو هەلە دەدات بە زیهنمان کە بە هۆی ئایدیاکان و چەمکەکان نەک تەنها بە وروژان ئاراستە بکرێت.

.بەڵام چۆن دەکرێت زانیاریی ئاڵۆزی دەماری ل هناو زیهنی بەئاگامان پێکەوە بنووسێن بۆ ئەوەی ئایدیاییەک دروست بکەن؟ ئەم پرسیارە لایەنێکی یەکەمین مەتەڵی ئاگاییە- کە زۆر جار پێی دەگوترێت پرسی پێکەوەنووسان (binding problem): چۆن زانیاریی بەکۆدکراو لە بەشە جیاوازەکانی مێشکماندا لە زیهنی بەئاگادا دێنە پاڵ یەکتری؟ زۆر جار پرسی پێکەوەلکان بەپێی زانیاریی هەستەوەری بینین یان ئەوانی تر دادەڕێژرێت. بۆ نموونە شرۆڤە وەبەرهێنەرەوەکەی لوسا تورینت وەبیر بێتەوە، سەبارەت بە بۆی بۆنەکەی شیشیدۆ نۆمبری نۆیر: "بۆیە کەی لە ناوەڕاستی بۆنی گوڵی ڕۆز و وەنەوشەدا بوو، بەڵام بەبێ نەرمی هیچ کامیان، بۆنێکی تونـد هاوشێوەی قوتووی جگەرەی داریـن." تورین ئەزموونی بۆنەکەی نەبوو، کە وەک تێکەڵەیەک بێت لە بۆنە جیاوازەکان هەر کامیان پەیوەندی بە وەرگرێکی دەماریی بۆنەوە هەبێت، بەڵام تەنها وەک بۆنێکی خۆشی بە هەندێک ڕەگی تیژی و بەرزونزمییەوە واتای هەبوو، بەوانەشەوە کە پێشتر دەیناسی، وەک جگەرە و بنەوەشە. بە هاوشێوەیی بینین و دەنگ بریتی نین لە ئەزموونکردنی جیاکردنەوەی ڕەنگەکان یان چنراوی نۆتەکان، بەڵکو وەک بەرکەوتەی هەستەکان کۆ دەبنەوە، بۆ دروستکردنی یادەوەری واتای شتێک بۆ نموونە، گامێشێک، درەختێک یان کەسێک.

---

http://ase.tufts.edu/cogstud/dennett/papers/memeimag.htm#5

ئەم گوتە ئاماژەپێکراوە لەوانەیە هیی مۆزارت نەبێت و سەرچاوەکەی دڵنیاکەر نییە. لەگەڵ ئەوەشدا بڕیارمان دا بیپارێزین، چونکە نووسەرەکەی جا هەر کەسێک بێت، توانیویەتی دیاردەیەکی ئاشنا و سەرنجڕاکیش بە جوانی شرۆڤە بکات.

وێنـای مرۆڤێکـی سـەردەمی کـۆن بـکە کە سـەیری گامێشـێکی ڕاسـتەقینە دەکات. چاوەکـانی، لـووت، گوێیەکـانی و ئەگەر گامێشـەکە مردوو بێت، پەنـجەی لـێ بدات، ژمـارەیەکی زۆر بەرکەوتنی هەسـتیی لەگەڵ ئـاژەڵەکەدا بـۆ دروسـت دەبێـت، وەک بـۆن، ڕوخسـار، ڕەنـگ، دارِشتە، جووڵە و دەنگ. لە بەشی ٥دا ئێمە قسەمان لەسـەر ئەوە کرد چـۆن هەسـتی بـۆنکردنی ئـێمە بۆنەکـان وەردەگرێـت. تـۆ لەوانەیە ئەو مۆڵکیـوڵە بۆنـانەت بە بیـر بێـتەوە کە دەنووسـان بە هەر کـام لە دەمارەکـانی بـۆنکردنەوە، کە دەبـوو بە هـۆی ئەوەی هەسـتەدەمارەکە چـالاک ببێـت، کە واتـای ئەوەیە نیشـانەیەکی کارەبـایی بە ئاڕاسـتەی ئاکسۆنەکەی دەنێرێت (کۆتایی قەوزەیی خانەکە) و لە پەردەی بۆنەوە لە پشتی لـووتەوە دەڕوات بەرەو بڵقی بـۆن لە مێشکدا. ئێمە پشـکنین بـۆ وردەکـاریی ئەم پرۆسـەی چـالاکبوونە لە بەشـی دواتـر دەکەیـن، چونکە ئەمە کلیلی سەرەکیی تێگەیشتن لە توانای بەشداریی میکانیکیی کوانتەمییە لە زیهنماندا. بە هەرحاڵ، بۆ ئێستا ئـێمە وێنـای مۆڵکیـوڵێکی بـۆنی گـا دەکەیـن کە لە گامێشـەکەوە دێتە دەر و دەچێتە نـاو لـووتی هونەرمەنـدەکەی ئـێمەوە، لێرەدا ئەو دەلکێت بە وەرگرێکـی بـۆنەوە و زنجیـرەیەک پـرتەی کارەبـایی بە ڕێـگەی وایەرە شێوەئاکسـۆنەکە گەشـت دەکەن، تـا ڕادەیەک هاوشـێوەی نیشـانەیەکی تەلگـراف، بەڵام تەنها هەڵگری خاڵەکان یان بیپەکانن لەجیاتیی ئەوەی هەڵگری خـاڵ و هێڵەکانی تەلگراف بێت.

هەر کاتێـــک ســـیگناڵی دەمـــارەبۆن گەیشـــت بە مێشـــکی هونەرمەنـدەکەمان، ئەو ژمـارەیەکی زۆرتـر دەمـار دەخـاتە کـار (بیپـی زیـــاتر): ســـیگناڵەکانی بیـــپ لە دەمـــارێکەوە بـــۆ دەمـــارەکەی تـــر دەگـوازرێتەوە، کە هەر دەمارێـک وەک جۆرێـک وێسـتگەی نـاردنی تەلگراف کار دەکات. داتـای هەسـتەوەرەکانی تر بە شـێوەی سـیگناڵی بیـپ وەردەگـێڕرێن. بـۆ نمـوونە مـیلە و قووچەکەکـان (هەسـتەدەمارە تایبەتەکانی هاوشێوەی هەستەدەماری بۆن، بەڵام زۆرتـر بە ڕووناکی

هەستیارن تا بۆن) کە تۆڕی چاوی داپۆشیوە، زنجیرەیەک لە سیگناڵی بیپ لە ڕێگەی هەستەدەمارەکانی ڕووناکییەوە دەنێررێت بۆ توێکڵی مێشکی. هەر بەو شێوەیەی هەستەدەمارەکانی بۆن وەڵام بە مۆلکیولێکی تەنهای بۆن دەدەنەوە، هەستەدەمارەکانی ڕووناکی تەنها وەڵامی لایەنە دیاریکراوەکانی وێنەیەک دەدەنەوە کە دەکەوێتە سەریان: هەندێکیان تەنها بە ڕەنگێکی تایبەتی یان سێبەری خۆڵەمێشی، ئەوانی تر بە لێوارەکان یا هێڵەکان یان چنینێکی تایبەتی. هەروەها دەمارەکانی بیستن لە ناو گوێی ناوەوەیی هەستیارن بە دەنگ، لەوانەیە هەناسەیەکی توندی گامێشکی مۆڵخواردوو یان بەرکەوتنی تووکەکەی لەگەڵی لە ڕێگەی هەستەدەمارەکانی، هەستەمیکانیکی (mechanosensitive) لەسەر پێستی بگوازرێتەوە. لە هەموو ئەم نموونانەدا هەر هەستەدەمارێک تەنها وەڵامی لایەنێکی تایبەتی هەستەوەرە تێهاتووەکان دەداتەوە. بۆ نموونە هەستەدەمارێکی تایبەتی بیستن تەنها کاتێک چالاک دەبێت، کە ئەگەر دەنگێک بە لەرەلەرێکی دیاریکراوەوە بێتە ناو گوێی هونەرمەندەکەوە. بەڵام سەرچاوەکەی هەرچی بێت، سیگناڵی دروستبوو لە لایەن هەر هەستەدەمارێکەوە بە وردی هەمان شتە. پرتەیەک بیپی کارەبایی لە ئەندامی هەستەوەرەوە گەشت دەکات بەرەو ناوچەی تایبەتی مێشکی هونەرمەندەکە. لێرەدا ئەو سیگناڵانە لەوانەیە ئەنجامی جووڵەی خێرای لێ بکەوێتەوە؛ بەڵام ئەوان لەوانەشە پەیوەندیی نێوان هەستەدەمارەکان بگۆڕن بۆ ئەوەی یادەوەرییەک لە بینینەکان، بە ڕێگەی "ئەو هەستەدەمارانەی کە پێکەوە سوور دەبنەوە و پێکەوە دەبن بە وایەر" بنەخشێت، پرەنسیپێک کە وا دیارە پشتڕاستی چۆنێتیی بەکۆدبوونی یادەوەرییەکان لە مێشکدا دەکات.

خاڵی گرنگ لێرەدا بریتییە لەوەی کە هیچ شوێنێک لە ناو ١٠٠ ملیارد یان زیاتری هەستەدەمارەکانی مێشکی مرۆڤدا نییە، کە ئەم لێشاوە بەربڵاوەی بیپەکان پێکەوە کۆ ببنەوە و کاریگەرییەکی

بەئاگایانە لە لای گامێش دروست بکەن. لە ڕاستیدا لێرەدا "لێشاو" وشەیەکی ڕاست نییە، چونکە وا دەری دەخات کۆمەڵێکی زۆر زانیاری لە ناو ئەو لێشاوەدا هەیە، کە لە هەستەدەمارەکاندا دەرناکەون، بەڵکو هەر سیگناڵێکی دەمار بەستراوەتەوە بە هەستەدەمارێکی تەنیاوە، هەر بۆیە لەجیاتیی لێشاوێک، دەکرێت وای دابنێیت، کە زانیارییەکان لە مێشکەوە وەک زنجیرەیەک لە بیپ بیپ بیپ بیپ دێنە دەرەوە... سیگناڵگەلێک کە بە درێژیی ڕیشاڵێکی تەنیا لە ناو ژمارەیەکی زۆر لە ملیۆنەها هەستەدەمارەوە تێپەڕ دەبێت. پرسی لکاندن بریتییە لە پرسی تێگەیشتنی ئەوەی چۆن هەموو زانیارییە بەکۆدکراوە بیپییەکان تێگەیشتنێکی یەکانگیر سەبارەت بە گامێشێک دروست دەکات.

ئەمە تەنها لێدانە هەستییەکان نییە کە دەبێت خڕ ببنەوە. مادەی خاوی ئاگایی بریتی نییە لە داتای ڕووتی پێکەوەگرێدراوی هەستی، بەڵکو چەمکی واتادارن - لە نموونەی گامێشێک، تووکن، بۆگەن، ترسناک یان بەهەیبەتە - کە هەر کامیان بڕێکی زۆر زانیاریی ئاڵۆزیان لەسەرە. هەر کام لەم بارە زێدەکییانە دەبێت پێکەوە خڕ ببنەوە لەگەڵ کاریگەرییە هەستەکییەکەیان بۆ ئەوەی کاریگەریی تووکنییەک یان بۆگەنییەک، یان ترسێک سەبارەت بە گامێشە شکۆدارەکە بخەنە بەردەست، کە هونەرمەندەکەی ئێمە سەردەمی پالایوزیک کاتێک ڕەنگەکانی لەسەر دیوارەکە دەنەخشاند، وەبیری بێتەوە[83]. دارشتنی پرسە پێکەوەلکاوەکان بەپێی ئایدیاکان، لەجیاتیی بەرکەوتنی هەستی، لوتکەی پرسی ئاگایی دەهێنێتە پێشەوە، کە بریتییە لەو مەتەڵەی چۆن دەکرێت ئایدیاکان زیهن و بەو ڕێگەیە جەستە دەجووڵێنێت. ئێمە هەرگیز نازانین بە وردی چی لە زیهنی هونەرمەندەکەی ئێمە لە سەردەمی بەردا گوزراوە کە هانی داوە

---

[83] J. McFadden, "The CEMI field theory gestalt information and the meaning of meaning," Journal of Consciousness Studies, vol. 20: 3–4 (2013), pp. 152–82

بەردەکـان ڕەنـگ بکـات. لەوانەیە ئەو وا بیـری کـردبێتەوە کە شـێوەی گـامێش بە شـێوەی خەمبـار لە گۆشـەیەکدا بێـت، یـان لەوانەیە ئەو بـڕوای وابووبێـت کە کێشـانی وێـنەی ئـاژەڵەکە یـارمەتیی هـاوڕێ ڕاوچییەکـانی دەدات بـۆ ئەوەی چانسـی سـەرکەوتنیان هەبێـت. بەڵام ئەوەی دەکرێت دڵنیا بین کە هونەرمەندەکە بڕوای وابووە کە بڕیـاری کێشانی گامێشەکە، ئایدیای ئەو بووە.

بەڵام چـۆن دەکرێـت ئایـدیایەک بابەتێـک بجووڵێنێـت؟ تێگەیشـتن ئەگەر وەک شـتێکی بە تەواوەتـی کلاسـیکی بێـت، مێشـک زانیـاری بە ڕێــگەی یەکێــک لە هەســـتەوەرەکانی وەرگـــری تێهاتووەکـــانەوە وەردەگرێـت و دوای ئەنجامـدانی پرۆسـەیەک لەسـەر ئەو زانیارییـانە دەرچوو بەرهەم دەهێنێت، ڕێک وەک کۆمپیوتەرێک (یان زۆمبییەک).

بەڵام لە کـوێی زیهنـی بەئاگامـان بیپەکـان لەگەڵ یەکتـری تـێکەڵ دەبن، کە هەسـتی "خـود" (Self)، کە ئـێمە دڵنیـاین لە پشـت کـردارە خۆویستەکانماندایە؟ ئەم ئاگاییە بە وردی چییە و چۆن کارلێک لەگەڵ مـادەی مێشـکمان دەکـات بـۆ ئەوە قۆڵمـان، پێمـان یـان زمانمـان بجـووڵێنین؟ ئاگـایی یـان ویسـتی سەربەسـت، لە گەردوونێکـی بە تەواوتی دیاریکراودا جێگەی نییە، چونکە یاسـاکان و هۆئەنجـام تەنها ئەو هەلە دەڕخسـێنن شـتێک دوای شـتێکی تـر لە زنجیرەیەکـی بێکۆتاییدا بە شێوەی هـۆ و ئەنجام لە ئەشکەوتەکەی شاڤێتەوە ڕێـک دەگەڕێتەوە بۆ بیگبانگ.

ژان - ماری باسـی ئەو چرکەسـاتە دەکـات کە ئەو و هاوڕێیەکـانی چاویـان بە نەخشـەکانی سـەر ئەشـکەوتەکەی شـاڤێت کەوت: "لەژێـر کـاریگەریی ئەو هەســتەدا بــووین کە ئـێمە تەنیــا نــین: ڕۆحــی هونەرمەنـدەکان و خێـو دەورەمـانی دابـوو. بە تەواوەتـی هەسـتمان بە بوونیـان دەکـرد."[٨٤] بە ڕوونـی ئەشـکەوتپێوەکان شـتێکی ڕۆحیـی قووڵیان ئەزموون دەکرد. کاتێک سەیری ناو کەللەسەری مرۆڤێک یان

[84] Chauvet et al., Dawn of Art.

ئاژەڵێک دەکەین شانەیەکی تەڕی لوول دەبینین کە زۆر جیاواز نییە لە پارچەگۆشـــتی گامێشـــێک، بەڵام کاتێـــک گۆشـــتەکەی نـــاو کەللەسـەرەکەمان ئاگادارە، ئەزموونی هەیە، چەمک و واتاگەلێک کە لەوە ناچێت لە جیهانی مادیدا هەبن. ئێمە بە شێوەیەک ئەم مادە ڕۆحانییەی ئاگایی و ئەزموون - یان زیهنی بەئاگای ئێمە - شتە مادییەکەی مێشک دەخاتە کار و دەبێت بە هۆی کردارەکانمان (یان لانیکەم کاریگەریمان). ئەم مەتەڵە، کە بە چەندین ڕێگەی جیاواز ناسراوە بە زیهن- پرسی جەستە یان پرسی ڕەقەئامێری ئاگایی، بە دڵنیاییەوە بە گشتی قووڵترین نهێنی بوون.

لەم بەشەدا ئێمە گەڕان بۆ ئەوە دەکەین ئایا دەکرێت میکانیکی کوانتەمی وەڵام بۆ ئەم نهێنییە قووڵە دەستەبەر بکات؟ دەبێت جەخت بکەینەوە لەوەی هەر ئایدیایەک سەبارەت بە ئاگایی زۆر بە توندی لە ئاستی بیرلێکردنەوەیدا دەمێنێتەوە، چونکە هیچ کەس بە دروستی نازانێت چییە و چۆن کار دەکات. هیچ هاوڕاییەک تەنانەت لە نێوان دەمارناسەکان، دەروونناسەکان، زانایانی کۆمپیوتەر و توێژەرانی زیرەکی دەستکرد لەئارادا نییە کە پێویستییەک بۆ شتێک لە دەرەوەی ئاڵۆزیی مێشکی مرۆڤ بۆ شرۆڤەی ئاگایی هەبێت.

خاڵی دەستپێکمان پرۆسەکانی مێشکە کە دەگات بەو وێنەی گامێشێکی کێوی لەسەر بەردە کلسەکانی ئاردیش.

لایەنی میکانیکیی بیرکردنەوە

لەم بەشەدا ئێمە بە دوای ئەو زنجیرە لە هۆکارەکان دەچین و لەو خاڵە سوورانەی سەر دیواری ئەشکەوتەکەی ۳۰،۰۰۰ ساڵ لەوەوپێشەوە دەست پێ دەکەین و دەگەڕێینەوە بۆ دواوە. ئەم بەدواداچوونە لە ماسولکە گوشراوەکانی باسکی وێنەکێشەکەوە کە هێڵەکان دەکێشێت، بەرەو پرتەکانی هەستەدەمار کە دەبێت بە هۆی ئەوەی ماسولکەکان گرژ ببن، هەروەها زیاتر بەرەو لێدانەکانی مێشک

که ئەو هەستەدەمارانە دەورووژێنێت و هەستە داتاتێهاتووەکان که زنجیرەی ڕووداوەکان دەخاتە جووڵە. ئامانجی ئێمە بریتییە لەوەی دیاریی بکەین لە کوێ ئاگاییتێهاتووەکانی دەخاتە ناو زنجیرەی هۆکارەکانەوە، ئەوکات دەکرێت ئێمە پشکنین بکەین ئایا میکانیکیی کوانتەمی ڕۆڵی لە ڕووداوەکەدا هەیە یان نییەتی.

دەکرێت وێنای ئەو دیمەنانە بکەین که هەزاران ساڵ لەوەوپێش کاتێک هونەرمەندێکی نەناسراو، که لەوانەیە پێستی ورچی لە بەر بووبێت، بە وردی سەیری تاریکیی ئەشکەوتی شاڤێتی کردبێت.

وێنەکان لە قووڵایی ئەشکەوتەکەدا دۆزرانەوە، هەر بۆیە ئەو ناچار بووە مەشخەڵێکی ڕووناکی لەگەڵ قاپی ڕەنگەکە لەگەڵ خۆی بباتە ناو ئەشکەوتەکە. کەوابوو لە هەندێک خاڵدا وێنەکێشەکە پەنجەیەکی کردووە بە ناو قاپی ڕەنگە خەڵووزییەکە و دەیدا لە دیوارەکە بۆ ئەوەی گامێشێکی کێوی بکێشێت.

جووڵەی قۆڵی وێنەکێشەکە بە درێژیی دیواری ئەشکەوتەکە بە پرۆتینێکی ماسولکەیی بە ناوی میۆسینەوە (myosin) دەست پێ دەکات. میوسین بریتییە لە ئەنزیمێک که وزەی کیمیایی بە کار دەهێنێت بۆ دروستکردنی توانای گرژبوونی ماسولکەکان، لە بنەڕەتدا دەبن بە هۆی ئەوەی ڕیشاڵەکان لەسەر یەکتری بخزێن. وردەکاریی ئەم میکانیزمی گرژبوونە لە لایەن سەدان زاناوە لە ماوەی دەیان ساڵدا کاریان لەسەر کردووە و ئەمە نموونەیەکی زەقە لە ئەندازیاریی زیندەناسیی سکێڵی نانۆ و داینامیک. بەڵام لەم بەشەدا ئێمە باز دەدەین بەسەر وردەکارییە مۆلکیولییە سەرنجڕاکێشەکانی گرژبوونی ماسولکەیی، بۆ ئەوەی چڕ ببینەوە لەسەر ئەو پرسیارەی که چۆن شتێک بە شێوەی کاتی بە ناوی ئایدیایەک دەکرێت ببێت بە هۆی ئەوەی ماسولکەکان گرژ ببنەوە (وێنەی ٨:١). وەڵامی خێرا بریتییە لەوەی بەو شێوەیە نییە. گرژبوونی ماسولکەکانی هونەرمەندەکە لە ڕاستیدا کاتێک دێتە ئاراوە که بارگە موجەبەکانی ئایۆنەکانی سۆدیۆم

به خێرایی دەجوولێن بۆ ناو خانە ماسولکەییەکان. خانە ماسولکەییەکان ئایۆنی سۆدیۆمی زیاتریان لە دەرەوەی پەردەکەیان هەیە تا لە ناوەوە، ئەمەش واتای ئەوەیە جیاوازیی پەستانی کارەبایی بەرزتر دەبێتەوە. بە هەرحاڵ، هەندێک کەلەبەر هەیە لە تۆڕەکەدا کە پێی دەڵێن کەناڵەکانی ئایۆن، کە ئەگەر بکرێتەوە هەڵدەدات ئایۆنەکانی سۆدیۆم بچنە ناو خانەکەوە. ئەمە بریتییە لە پرۆسەی بەتاڵبوونەوەی کارەبایی، کە گرژبوونی ماسولکەکانی هونەرمەندەکەی لێ دەکەوێتەوە.

هەنگاوی دواتر بۆ دواوە لە زنجیرەی هۆکارەکانی پرسیارەکە: چی دەبێت بە هۆی ئەو کەناڵە ئایۆنییە ماسولکەییانە لە ساتێکدا بکرێنەوە؟ وەڵامەکە بریتییە لەوەی مۆتۆڕە هەستەدەمارییەکانی لکاو بە ماسولکەکان لە قوڵی هونەرمەندەکە ئەو شتەی کە پێی دەگوترێت هەستەدەمار گوازەرەوە (neurotransmitter) بەرەڵا دەکات کە کەناڵەکان دەکاتەوە. کەوابوو چی دەبێت بە هۆی ئەوەی ئەم مۆتۆڕە دەمارییانە بوخچەکانی هەستەدەماری گۆزەرەوە بەرەڵا بکەن؟ هەر کاتێک سیگناڵێکی کارەبایی بە کۆتایی هەستەدەماردا بڕوات، گوازەرەوە هەستەدەمارییەکان بەرەڵا دەبن (وێنەی ٨:٢). کرداری جیاوازیی پەستانەکان بۆ هەموو سیگناڵە دەمارییەکان بنچینەییە، هەر بۆیە پێویستە لە نزیکترەوە سەیری کارەکانیان بکەین.

خانەیەکی دەماری، یان نیۆرۆن (neuron) ئێجگار دووردرێژە، خانەیەکی شێوەمار کە پێک هاتووە لە ٣ بەش. لە سەرە کۆتاییەکەیدا جەستە شێوە جۆلایتەنەکەیە، کە بە هۆی جیاوازیی پەستانەوە دەکەوێتە کار، ئەمە لە دواییدا بە درێژیی بەشی تەنکی ناوەڕاست دەگوازرێتەوە، کە پێی دەگوترێت ئاکسۆن ("دەسکەگسک"ی هەستەدەماری بۆن) بەرەو کۆتایی هەستەدەمارەکە کە لێرەدا مۆلکیولەکانی گوازەرەوەی هەستەدەمار بەرەڵا دەبن (وێنەی ٨:٢). هەرچەندە ئاکسۆنەکانی هەستەدەمار لە کەیبڵی تەنکی کارەبایی دەچن، ئەو ڕێگەیەی نیشانەی کارەبایی پێ دەگوازرێتەوە زۆر

زیرەکانەترە لە گواستنەوەی لێشاوی بارگەی نێگەتیڤی ئەلیکترۆنەکان بە ڕێگەی وایەری مسی.

خـانەی هەسـتەدەمارەکە، هاوشـێوەی خـانەی ماسـولکەیەک، بە شێوەی ئاسایی ئایۆنی سۆدیۆمی بارگە پۆزەتیڤی لە دەرەوە زیاترە وەک لە نـاوەوە. ئەم جیـاوازییە دەبێـت بە هـۆی ئەوەی ئـایۆنە سۆدیۆمە بارگاوییەکـان پـاڵ پێوە بنرێن و لە دەرەوە بچنە نـاوەوە. زیادەی بـارگەی پۆزەتیڤی دەرەکی جیاوازیی ڤۆڵتییەیەک بە درێژیی پەردەکە دروسـت دەکـات کە بە نزیکەیـی ١ لەسـەر ١٠٠ی ڤـۆڵتە. هەرچەندە وا دەردەکەوێت ئەمە گەورە نەبێت، بەڵام دەبێت وەبیـرت بێتەوە کە پەردەی خـانە، ئەسـتوورییەکەی تەنها چەند نـانۆمەترێکە، بۆیە ئەوە ڤۆڵتییەیەکە لە مەودایەکی زۆر کورتدا.

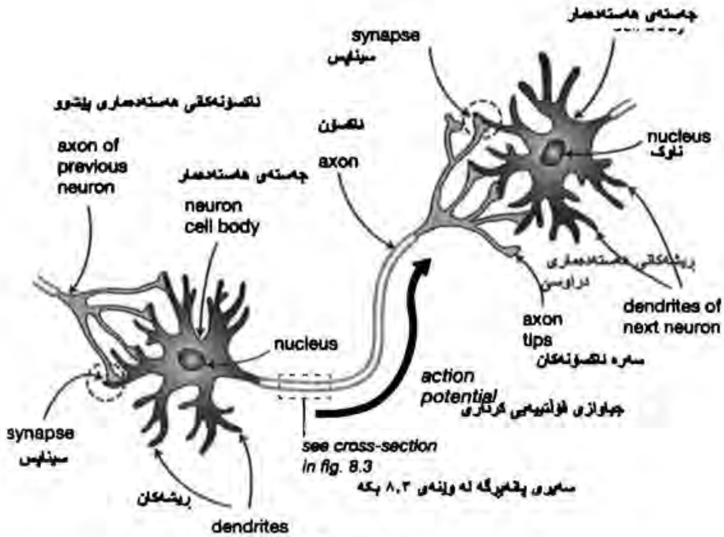


وێنەی ٨:١

سـیگناڵەکانی هەسـتەدەمار لە مێشـکەوە دێـنە خـوارەوە بەرەو درکەپەتک بۆ ئەوەی بگەن بە ڕیشـاڵەکانی ماسـولکە، دەبن بە هۆی ئەوەی ماسـولکەکە گرژ ببێت و بەم شـێوەیە ئەندامێکی وەک باسـک بجووڵێت.

ئەمە واتاکەی ئەوەیە ئێمە گۆڕانێکی کارەبایی ١ میلیۆن ڤۆڵتیمان (ئەو ڤـۆڵتییەی کە بە ڕاسـتی هەیە) بە پانتـایی ١ مەتـر هەیە. ئەمە هاوتـای ڤـۆڵتییەی سەرسـووڕهێنەری ١٠،٠٠٠ مەتـری بە پانتـایی ١ سانتیمەترە، کە تـا ڕادەیەک بەسـە بۆ ئەوەی چەخماخەیەک دروسـت بکـات، هاوتـای ئەو چەخمـاخەیەی کە ئوتـۆمبیلەکەت لێـی دەدا بـۆ ئەوەی سووتەمەنییەکەی بسووتێنێت.

سـەری کۆتـایی مۆتـۆڕی هەسـتەدەماری هونەرمەنـدەکە، جەسـتەی خـانە دەمـارییەکە، بەسـتراوەتەوە بە هێشـوویەک لە ڕێسـا بە نـاوی سـینـاپس (synapss) (وێـنـەی ٨:٢)، کە جۆرێـک قوتـووی پێکەوەبەسـتەرەوەی دەمـار بە دەمـارە. هەسـتەدەمارە سـەرەوەییەکان مۆڵکیوڵی گوازەرەوەی هەستەدەمار بۆ ناو ئەم بەستەرانە دەردەکەن، زۆرترینی هەستەدەمارە گوازەرەوەکان لە بەستەری ماسولکەدەماردا بەڕەڵا دەبـن؛ ئەم کـارە کەنـاڵی ئـایۆنی لە پەردەکەدا بە دەوری جەسـتەی هەسـتەدەمارە خـانەکە دەکـاتەوە، هەر بۆیە ڕێگە دەکـاتەوە ئـایۆنە بـارگە پۆزەتیڤەکـان بـڕژێنە نـاوەوە و لە ئەنجامـدا ڤـۆڵتییە بە خێرایی دابەزێت.



وێنەی ٨:٢

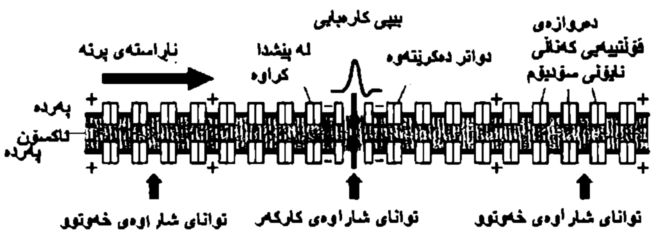
هەستەدەمارەکان سیگناڵی کارەبایی لە جەستەی خانەکەوە بە درێژیی ئاکسۆن بەرەو کۆتایی هەستەدەمار دەنێرن، کە ئەوان دەبن بە هۆی بەڕەڵابوونی گوازەرەوەی هەستەدەمار بەرەو سیناپس. گوازەرەوە دەمارییەکان لە لایەن هەستەدەمارەکانی خوارەوە هەڵدەگیرێن، کە دەبێت بە هۆی ئەوەی چالاک ببن و بکەونە کار، بەم شێوەیە سیگناڵە دەمارییەکە لە هەستەدەمارێکەوە بۆ دواتر بگوازرێتەوە.

زۆرترینی دابەزینی ڤۆڵتییە هۆکارەکەی کرانەوەی ژمارەیەکی کەم لە کەناڵەکانی ئایۆن لە ناو سیناپسێکدا کە یان کاریگەرییەکی کەمی هەیە، یان ئەسڵەن نییەتی. بەڵام ئەگەر ژمارەیەکی زۆر گوازەرەوەی هەستەدەمار بگەن، واتای ئەوەیە ژمارەیەکی زۆرتر کەناڵ دەکرێنەوە. تێڕژانی ئایۆنە پۆزەتیڤەکان بۆ ناو خانە دەبێت بە هۆی ئەوەی ڤۆڵتییەی پەردەکەی بگات بە ڤۆڵتییەی مۆڵەقەیی 0.04- ڤۆڵت. کاتێک ئەمە ڕووی دا، کۆمەڵەیەکی تر کەناڵی هەستەدەمار دەکەونە کار. ئەمە ئەو کەناڵانەن دەروازەی ئایۆنین، کە واتای ئەوەیە ئەوان

هەستیار بە گۆزەرەوەکانی هەستەدەمار نین، بەڵکو هەستیارن بە جیاوازیی ڤۆڵتییە بە پانتایی پەردەکە. لە نموونەی هونەرمەندەکەی ئێمەدا، کاتێک ڤۆڵتییە لە جەستەی خانەکە دادەبەزێت بۆ ژێر ئاستانەی مۆڵەقەیی، ژمارەیەکی تەواو لەم کەنالانە دەکرێنەوە بۆ ئەوەی ئایۆنی زیاتر بکەون لە دەمارەکە، سەرەڕای ئەوە کورتکردنەوەی سووڕی پینەی پەردەکانیان. بە خێرایی داکەوتنی ڤۆڵتییە دەبێت بە هۆی کرانەوەی زیاتری دەروازەی ڤۆڵتییەی کەناڵەکان، کە ئایۆنی زۆرتر دەڕژێتە ناو خانەکە و دەبێت بە هۆی سووڕی کورتی پەردەکە. کەیبڵە درێژەکەی هەستەدەمار، واتە ئاکسۆنەکە، لەگەڵ ئەم کەنالانەی دەروازە ڤۆڵتییەییەکە گونجاوە، هەر بۆیە کاتێک کورتبوونی سووڕ لە جەستەی خانەکە دەستی پێ کرد، جۆرێک کاریگەریی دۆمینۆی سووڕی کورتی پەردە دەخاتە کار - ماتەوزەی کردەکی - کە بە خێرایی لە دەمارەکەوە دێتە خوارەوە تا دەگاتە کۆتایی هەستەدەمارەکە (وێنەی ٨:٣). لێرەدا ئەمە ئازادبوونی گوازەرەوەی دەماری بەرەو بەستەری دەماریی ماسولکەیی پاڵ پێوە دەنێت، کە دەبێت بە هۆی ئەوەی ماسولکەی قۆڵی هونەرمەندەکەی ئێمە گرژ ببێت تا هێڵێک، کە پیشاندەری گامێشی کێوییە لەسەر دیواری ئەشکەوتەکە بکێشێت (وێنەی ٨:١).

تۆ دەکرێت لەم شرۆڤەیەوە ببینیت کە چۆن نیشانە دەمارییە جیاوازەکان لە جۆری نیشانەی کارەبایین کە لەسەر وایەرێک تێپەڕ دەبێت، ببینیت. بۆ دەستپێک، تەزوو واتە جووڵەی بارگەکان بە ئاراستەی کەیبڵە دەمارییەکان و بە ئاراستەی نیشانە دەمارییەکان نییە، بەڵکو ستوونە لەسەر ئاراستەی وزەی شاراوەی کارتێکەر (action potetial)، لە ئاراستەی دەرەوە بۆ ناوەوە، بە ڕێگەی ئەو کەناڵە ئایۆنانەی ناو پەردەی خانە. هەر بۆیە ڕێگەیەکی تر بۆ بینینی نیشانەکانی هەستەدەمار، سەیرکردنیەتی وەک شەپۆلێک کە دەرگا ئایۆنییەکانی پەردە دەکاتەوە و دای دەخات، کە لە جەستەخانەکەوە گەشت دەکات بۆ کۆتایی هەستەدەمارەکە: بیپێکی کارەبایی بەجووڵە.

بەستەرەکانی هەستەدەمار- هەستەدەمار بۆ زۆربەی مۆتۆرە خانەدەمارییەکان دەکەوێتە سەر درکەپەتک (spinal cord)، کە لە سەدان و هەزاران لێشاوی هەستەدەماری ڕووەو سەرەوە نیشانەکانی گوازەرەوەی دەمار وەردەگرێت (وێنەی ٨:١). هەندێک لە لێشاوە ڕووەوسەرەوەکانی هەستەدەمار گوازەرەوەکانی دەمار دەکەونە ناو قوڵووی پێکەوەبەستنەکە (سیناپس - synapse) کە کەناڵەکانی ئایۆن لە ناو جەستەی خانەکە دەکاتەوە بۆ ئەوەی ئەگەری وەکارکەوتنی مۆتۆرە دەمارییەکان بەرز بکاتەوە، لە کاتێکدا ئەوانی تر حەزیان لە داخستنیەتی. بەم ڕێگەیە جەستە خانەی هەر کام لە خانەکانی هەستەدەمار وا دەردەکەوێت وەک دەروازەیەکی لۆجیکی کۆمپیوتەرێک کار بکەن، دروستکردنی دەرچوو (Output)، بەند لەسەر تێهاتووەکە (input)- چی گری گرتبێت یان نا. هەر بۆیە ئەگەر هەستەدەمار هاوشێوەی دەروازەیەکی لۆجیکییە، کەوابوو مێشک، کە دروست بووە لە ملیاردەها هەستەدەمار، لەوانەیە وا دابنرێت جۆرێک کۆمپیوتەرە، یان لانیکەم ئەمە گریمانەی زۆرترینی زانایانی هەستەدەمارە کە کار لەسەر تێگەیشتن دەکەن، کە ئەمە ئەو شتەیە پێی دەگوترێت تیۆریی هەژماردکردن بۆ زیهن (computational theory of mind).



وێنەی ٨:٣

توانا شاراوە کردەکییەکان بە ئاڕاستەی تەوەرەکانی هەستەدەمار بە ڕێگەی کرداری کەناڵە ئایۆنییە دەروازە ڤۆلتییەکان لە پەردەکانی

خانەی هەستەدەمار گەشت دەکەن. لە دۆخە نوستووەکەیدا پەردەکە ئایۆنی پۆزەتیڤی زیاتری لە دەرەوە هەیە تا لە ناوەوە. بە هەرحاڵ، گۆڕانێک لە ڤۆڵتییەدا بە هۆی لێشاوێک لە توانا شاراوەی ڕووەوسەرەوە، دەبێت بە هۆی کرانەوەی کەناڵە ئایۆنییەکان و لێشاوێک لە ئایۆنی سۆدیۆمی بارگە پۆزەتیڤ - توانایەکی شاراوەی کردەکی - لێشاوێک دەڕژێتە ناو خانەکەوە و بە شێوەی کاتی ڤۆڵتییەی پەردەکە پێچەوانە دەکاتەوە. ئەم بیپە کارەباییە چەخماخەی کرانەوەی لێشاوی خوارەوە کەناڵە ئایۆنییەکان لە جۆرێک کاریگەریی دۆمینۆیی پرتە کارەباییەکان کە بەسەر هەستەدەمارەکەدا دێتە خوارەوە، تا دەگات بە کۆتایی هەستەدەمارەکە، کە لەوێدا گوزەرەوەکانی هەستە دەمار بەرەڵا دەکات. دوای ئەوەی توانای شاراوەی کردەکی تێپەڕیی، پەمپەکانی ئایۆن دەگەڕێنەوە بۆ دۆخی خەوتووی ئاسایی خۆیان.

بەڵام ئێستا بازێکی گەورە بەرەو پێشەوە دەدەین- ئێمە هێشتا نەگەیشتووین بە دەماخ. مۆتۆڕی هەستەدەماری هونەرمەندەکەی ئێمە دەبێت ژمارەیەکی زۆر گوازەرەوەی دەماری لە دەمارییەکاندا پێ گەیشتبێت- قوتووەکانی بەستنەوەی دەمار، کە دەبن بە هۆی جووڵە. ئەم تێهاتوانە لە دەمارەکانی سەرەوە کە زۆرترینەکەیان سەرچاوەکەی مێشکیەتی، دێت. بە دواکەوتنی زنجیرەی هۆکارەکان و گەڕانەوە بۆ دواوە، دەبینین سەری ئەم دەمارانە کە بڕیارەکان دروست دەکەن بۆ ئەوەی ئایا لەسەر بنچینەی تێهاتووە زۆرەکان و تێهاتووی ئەم تێهاتوانە و بە زیاتر و زیاتر گەڕانەوە بۆ دواوە لە ڕێگەی زنجیرە هۆیەکییەکان تا ئەو کاتەی دەگەین بەو هەستەدەمارانەی نیشانە تێهاتووەکانیان لە چاو، گوێ، لووت و هەستەوەرەکانی بەرکەوتنەوە پێ دەگات و ناوەندەکانی یادەوەری کە تێهاتووە هەستییەکانیان لە بینینەکانی پێشترەوە سەبارەت بە گامێشی

زیندوو یان مردوو لە خۆ گرتووە. لە نێوان تێهاتووی هەستی و مۆتۆڕی دەرچوو تۆڕی هەستەدەماری مێشک هەیە، کە فەرمانە هەژمارکردنییەکان جێبەجێ دەکات، بڕیاردان دروست ببێت، یان دروست نەبێت، مۆتۆڕی دەرچوو پێویست بووە هێڵکاریی گامێشێک بکێشێت.

.هەر بۆیە لێرەدا ئەمەمان هەیە: زنجیرەی تەواوی ڕووداوەکان دەگات بە گرژبوونەوەی ماسولکەکان کە دەستی هونەرمەندەکە لەسەر دیوارەکە دەکێشێت. بەڵام ئایا ئێمە شتێکمان لە بیر نەچووە؟ ئەوەی ئێمە تا ئێستا شرۆڤەمان کردووە، زنجیرەیەکی هۆیەکیی بە تەواوەتی میکانیکی لە تێهاتووە هەستییەکانەوە بۆ مۆتۆڕەکانی دەرچوو، لەگەڵ هەندێک زانیاریی ئاڕاستەکراو، کە لە ڕێگەی ناوەندەکانی یادەوەرییەوە ئاڕاستە دەکرێن. ئەم جۆرە میکانیزمە کە دیکارت کاتێک وای دانا گیانداران تەنها مەشینن، باسی دەکات (لە بەشی ٢دا قسەمان لەسەری کرد)؛ هەموو ئەو شتەی ئێمە کردوومانە گۆڕینی نوێڵ و خلۆکەیە بە دەمار، ماسولکە و دەروازە لۆجیکییەکان.

بەڵام لە بیرت بێت، دیکارت ڕۆڵێکی بۆ بوونەوەرێکی مەعنەوی بە ناوی ڕۆح، وەک لێخوڕی کۆتایی هەموو کردارەکانی مرۆڤ دانا. ڕۆح لە زنجیرەی ڕووداوەکانی تێهاتوو و دەرچوو لە کوێدایە؟ تا ئێستا ئێمە تەنها هونەرمەندێکی زۆمبیمان باس کردووە. هۆشیارییەکەی، ئایدیاکەی کە ئەو دەبێت گامێشێکی واتادار لەسەر دیواری ئەشکەوتەکە بکێشێت، لە کوێدا دێتە ناو زنجیرەی ڕووداوەکانی نێوان تێهاتوو و دەرچوو؟ ئەمە وەک گەورەترین مەتەڵی زانستیی مێشک ماوەتەوە.

چۆن زیهن مادە دەجووڵێنێت

بە هەر ڕێگەیەک بێت لەوانەیە زۆرترینی خەڵک بڕوایان بە بیرۆکەی دووسروشتی (dualism - دوالیزم) هەبێت- ئەو بیرکردنەوە، کە زیهن/ڕۆح/ئاگایی شتێکە جیاواز لە جەستە. بەڵام

دوالیـــزم لە بـــازنە و کۆبـــوونەوە زانســـتییەکانی ســـەدەی ٢٠دا خۆشەویســـتیی خـــۆی لە دەســـت دا و ئێســـتا زۆربەی زانایـــانی دەمارناس حەزیان لە ئایدیای تاکسروشتییە (monism)- کە بڕوای وایە زیهن و جەستە یەک شتن. بۆ نموونە بە ڕای هەستەدەمارناس مارسیل کینسباورن (Marcel Kinsbourne) بوونی شتێک بە ناوی ئاگایی، وەک ئەوە وایە سووڕە دەمارییەکان بە شێوەیەکی تایبەت لە دۆخی ئەرکی کارلێکیدا بن[٨٥].

دەروازە لۆجێکییەکانی کۆمپیوتەرێک وەک چۆن پێشتر ئاماژەمان پێ دا، زۆر لە نیرۆنەکان دەچن، بەڵام ڕوون نییە بۆچی ئەو ژمارە زۆرە کۆمپیـــوتەرانەی پـــێکەوە کە بـــۆ نمـــوونە لە تـــۆڕی جیهـــانیی ئینتەرنێت بە نزیکەی ١ ملیارد یان زیاتر هۆستی ئینتەرنێتییەوە (هەرچەندە هێشتا بچووکتر لەوەیە بەراورد بکرێت بە مێشکی ١٠٠ ملیارد نیرۆنی) تا ئێستا هیچ ئاماژەیەک بۆ ئاگایی لە خۆی پیشان نادات. بۆچی زۆمبییە کۆمپیوتەرییەکان کە بنچینەکەیان سیلیکۆنە، وەک کۆمپیوتەرە بەند لەسەر گۆشتەکان بەئاگا نین؟ لێرەدا ئایا بە سادەیی بابەتەکە ئاڵۆزییە و پەیوەندییەکانی ناوەوەیی خانەکانی مێشکمان هێشتا جیاوازە لە تۆڕی جیهانیی ئینتەرنێت، یان نەخێر ئاگایی جۆرێکی جیاوازە لە هەژماردکردن (خەملاندنی قەبارەی ئینتەرنێـــت بەو ئاســـانییە نیـــیە، بەڵام هەر لاپەڕەیەکـــی وێـــب بە بەردەوامـــی بەســـتراوەتەوە بە زیـــاتر لە ١٠٠ لاپەڕەوە، لە کاتێکـــدا نیرۆنەکان لینکی سیناپییان لەگەڵ هەزاران نیرۆنی تر هەیە. هەر بۆیە بەپێی لینکەکان نزیکەی ١ تریلیۆن پەیوەندی لە نێوان لاپەڕەکاندا هەیە و ١٠٠ بەرامبەری ئەوە لە نێوان نیرۆنەکانی ناو مێشکی مرۆڤدا هەیە. بەڵام لاپەڕەکانی ئینتەرنێت هەموو چەند ساڵێک قەبارەیان ٢

---

[٨٥] M. Kinsbourne, "Integrated cortical field model of consciousness," in Experimental and Theoretical Studies of Consciousness, CIBA Foundation Symposium No. 174 (Chichester:Wiley, 2008)

هێندە دەبێتەوە، هەر بۆیە چاوەڕێ دەکرێت لە ماوەی ١٠ ساڵی تر پێشبڕکێ لەگەڵ ئالۆزیی مێشکدا بکات. ئایا ئینتەرنێتیش دەکرێت بەئاگا ببێت؟)

هەڵبەت لێکدانەوەی زۆر بۆ ئاگایی هەیە، کە بۆ باسکردنیان کتێبێکی تەواو پێویستە. بەڵام بۆ مەبەستەکەی ئێمە باشترە چڕ ببینەوە لەسەر بەشێکی زۆر گەنگەشاوی و دڵڕفێن، کە زۆر نزیکیی لەگەڵ بابەتەکەی ئێمەدا هەیە: بە واتایەکی تر، ئاگایی بریتییە لە دیاردەیەکی کوانتەمی. ئەمە زۆرتر لە لایەن ماتماتیکیی ئۆکسفۆرد ڕۆجێر پینرۆزوە (Roger Penrose) داهێنراوە، کە لە ساڵی ١٩٨٩دا لە کتێبەکەیدا لەژێر ناونیشانی زیهنی نوێی ئیمپراتۆرەکە (The Emperor's New Mind)، وای دانا کە زیهنی مرۆڤ کۆمپیوتەرێکی کوانتەمی بێت.

لەوانەیە ئایدیای کۆمپیوتەری کوانتەمیت لە بەشی ٤وە لە بیر بێت، کە ئێمە لە باسی وتارەکەی ٢٠٠٧ی نیویۆرک تایمزدا باسمان کرد، کە دەیگوت ڕووەکەکان کۆمپیوتەری کوانتەمین. تیمەکەی MIT سەرئەنجام لە دەوری ئەو ئایدیایە کۆ بوونەوە کە میکرۆبەکان و سیستەمی ڕۆشنەپێکهاتنی ڕووەکەکان لەوانەیە بە ڕاستی هەندێک ڕێکار بگرێتە پێش، کە هەر ئەوانەن بۆ هەژماردکردنی پێویستن. بەڵام چۆن دەکرێت مێشکە زۆر زیرەکترەکانمان لە ناوچەی کوانتەمدا کار بکەن؟ بۆ وەڵامدانەوەی ئەم پرسیارە، ئێمە دەبێت سەرەتا لە نزیکترەوە سەیری کۆمپیوترەکان و چۆنێتیی کارکردنیان بکەین.

هەژماردکردن بە بیتە کوانتەمییەکان

کاتێک ئێمە لە ئەمڕۆدا بیر لە کۆمپیوتەرێک دەکەینەوە، بریتییە لە ئامێرێکی ئەلیکترۆنی کە توانای ئەنجامدانی فەرمانەکانی بۆ دەستکاری و ئەنجامدانی پرۆسەی زانیاری بە ڕێگەی کۆمەڵەیەک کلیلی کارەبایی کە دەکرێت لە هەر کام لە دۆخەکانی On یان Offدا

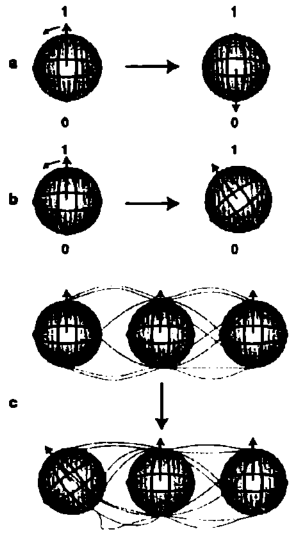
بن، هەیە- هەر کامیان توانایی بەکۆدکردنی ژمارە دوانییەک (یان بیتێک) بە 1 و 0ی هەیە. کۆمەڵەیەک لەم کلیلانە دەکرێت ڕێک بخرێن بۆ دروستکردنی سووڕگەلێک کە فەرمانە لۆجیکییەکان ئەنجام دەدەن، کە دەکرێت لێک بدرێن و بە کار بهێنرێن بۆ ئەنجامدانی کردارەکانی وەک کۆکردنەوە و لێکدەرکردن، یان لە ڕاستیدا کردنەوە و داخستنی دەروازەکان کە بۆ نیرۆنەکان باسمان کرد. گرنگترین ئەنجامی ئەم کۆمپیوتەرە دیجیتاڵییە کارەباییانە بریتییە لەوەی زۆر خێراتر لە هەر ڕێگەیەکی ئاسایی کە هەمان جۆر کردار ئەنجام دەدەن، کار دەکەن، وەک ژماردن بە پەنجە، بە زیهن یان بەکارهێنانی قەڵەم و کاغەز.

لەگەڵ ئەوەی کۆمپیوتەری ئەلیکترۆنیکی لەوانەیە زۆر خێرا بن لە ئەنجامدانی کۆکردنەوەکان، بەڵام ئەوان ناتوانن ئاڵۆزیی جیهانی کوانتەمی بەو هەمووە ئەگەرە سەریەککەوتوانە لە خۆ بگرن. بۆ زاڵبوون بەسەر ئەم کێشەیەدا، ڕیچارد فاینمەن، فیزیایی براوەی خەڵاتی نۆبێڵ چارەسەرێک پێشکەش دەکات. ئەو پێشنیازیی کرد هەژماردکردنەکانی جیهانی کوانتەمی دەبێت بە کۆمپیوتەری کوانتەمی ئەنجام بدرێت.

بۆ بینینی ئەوەی کۆمپیوتەری کوانتەمی دەبێت چۆن کار بکات، سەرەتا بیتی (bit) کۆمپیوتەری کلاسیکی وەک جۆرێک جەمسەرنمای گۆیین پیشان بدەین کە بزۆکەکەی ئاماژە بە 1 (جەمسەری باکوور) یان 0 (جەمسەری باشوور) بکات و دەکرێت بە گۆشەی ١٨٠ پلە بۆ قوفڵبوون لە یەکێک لەم دۆخانە بسووڕێتەوە (وێنەی ٨:٤ a). یەکەی بەپرۆسەکردنی ناوەندیی (CPU) کۆمپیوتەر پێک هاتووە لە چەندین میلیۆن لەم سویچە یەک بیتییانە، هەر بۆیە پرۆسەی هەژماردکردنی گشتی دەکرێت وا وێنا بکرێت کە بەکارهێنانی کۆمەڵەیەکی ئاڵۆزە لە ڕێساکانی سویچکردن (ئالگوریسمەکان) کە دەکرێت ژمارەیەکی زۆر لە گۆکان بە گۆشەی ١٨٠ پلە بخولێنێتەوە.

هاوتـای هەژمـاردکردنی کـوانتەمیی بیـت پێـی دەگوترێـت بیتـی کوانتەمی یان کیوبیت (qbit). ئەمە هاوشێوەی گۆیەکی کلاسیکییە (بۆ خوێنەری فیزیایی، ئەو شتەی لێرەدا باس دەکرێت، گۆیەکی بلۆخە (Bloch sphere))، بەڵام جووڵەکەی سنووردار نییە بە خولانەوەی گۆشەی ١٨٠ پلە، بەڵکو ئەو دەتوانێت بە هەر گۆشـەیەکی دڵبخـواز لە فەزادا بخـولێتەوە و وەک بـوونێکی کـوانتەم میکـانیکی هاوکـات ژمـارەیەکی زۆر ئاڕاسـتە پیشـان بـدات و لە سـەریەککەوتنێکی هاوبـاریی کوانتەمیـدا بێـت (وێـنەی ٨:٤ b). ئەمە تواناییمـان بەرز دەکاتەوە و ئەو هەلە بە بیتێکی کوانتەمی دەدا بۆ ئەوەی زۆر زیاتر لە بیتێکـی کلاسـیکی زانیـاری بە کـۆد بکـات. بەڵام بەرزکـردنەوەی ڕاستەقینەی توانای هەژمـاردکردن ئەو کاتەیە کە بیتە کوانتەمییەکان دەخرێنە پاڵ یەکتری.

هەرچەنـدە دۆخـی بیتێکـی کلاسـیکی کـاریگەریی لەسـەر دراوسێیەکانی نییە، بەڵام بیتە کوانتەمییەکان لەوانەیە لەگەڵ یەکتری گیـرۆدە بـن. لەوانەیە لە بەشـی ٦وە لە بیـرت بێـت کە گیرۆدەیـی زیـادبوونێکە لەسـەر هاوبـاری کە بەو ڕێـگەیە تەنۆلکەکـان تـاکبوونی خۆیـان لە دەسـت دەدەن، بە شـێوەیەک هەرچـی کـار بکـاتە سـەر یەکێکیـان، بە شـێوەی لەپڕ بـۆ هەموویـان دەگـوازرێتەوە. لە دیـدگای هەژمـاردکردنی کـوانتەمییەوە، دەکرێـت وا گریمـانە بکرێـت کە هەر گـۆیەکی بیتـی کـوانتەمی بە ڕێـگەی ڕێسـمانە ئیلاسـتیکییەکان بەسـترابێتنەوە بە هەر بیتێکـی کـوانتەمیی تـرەوە (وێـنەی ٨:٤ c) (لە ڕاستیدا ڕێسمانەکان پیشاندەری پەیوەندیی ماتماتیکی لە نێوان ڕەوگە و فراوانیـی بیـتە کـوانتەمییە گیرۆدەکـانە کە لە هاوکێشـەی شرۆدینگێرەوە دێن).



وێنەی ٨:٤

(a) بیتێکـــی کلاســـیکی کە لە نێـــوان 1 بـــۆ 0 قوفـــڵ دەبێـــت بە سووڕانەوەی گۆیەکی کلاسیکی بە مەودای ١٨٠ پلە پیشـان دەدرێـت. (b) بیتێکی کوانتەمیی قوفڵبوو لەوانەیە وەک خـولانەوەی گۆیەک بەپێی هەر گۆشـــەیەکی خۆویســـت پیشـــان بـــدرێت. بە هەرحـــاڵ، بیتێکـــی کـــوانتەمیی هاوبـــار لەوانەیە لە ســـەریەککەوتنی ژمـــارەیەکی زۆر سووڕانەوەدا بێت. (c) ٣ بیتی کوانتەمیی هاوبار کارلێکە گیرۆدەییەکان وەک ڕیسـمانە خەیاڵییەکـان کە دەلکـێن بە ڕووبەری هەر گـۆیەکەوە، پیشـان دەدرێن. گرژی لە نـاو ئەم ڕیسمانانە بە هـۆی خـولانەوەیە کە خەملاندنێک لە هەژماردکردنی کوانتەمی پیشان دەدات.

ئێسـتا بـا وای دابنێین کە تەنها یەکێک لەم گۆیـانە دەخـولێنینەوە. بەبێ گیرۆدەیـی (Entanglement) خـولانەوەکە کـاریگەری لەسـەر بیتە کوانتەمییە دراوسێیەکان دانانێت. بەڵام ئەگەر کیوبیتەکانی ئێمە

لەگەڵ ئەوانی تردا گیرۆدە بێت، خولانەوە گرژیی ناو هەموو ئەو ڕێسمانانە دەگۆڕێت کە بیتە کوانتەمییەکانی پێکەوە بەستووەتەوە. سەرچاوە هەژماردکردنییەکانی هەموو ئەم ژێیە گیرۆدەییانە بە شێوەی نمایی (Exponential) لەگەڵ ژمارەی بیتە کوانتەمییەکان زیاد دەکات، کە لە ڕاستیدا واتای ئەوەیە ئەمە زۆر بە خێرایی زیاد دەکات.

بۆ دەسکەوتنی هەستێک سەبارەت بە گەشەی نمایی، لەوانەیە چیرۆکەکەت سەبارەت بە ئیمپڕاتۆری چین کە زۆر بە داهێنانی شەترەنج سەرسام بوو، بیستبێت، کە حەزی کرد خەڵاتێک بە حەزی خۆی پێ ببەخشێت. داهێنەرە زیرەکەکە داوای تەنها ١ دانە برنجی کرد بۆ چوارگۆشەی یەکەم لەسەر بۆردەکە، ٢ دانە برنج بۆ دووەم، چوار بۆ سێیەم و تا دوایی، هەر خانەیەک ٢ بەرامبەری ئەوەی پێشوو تا دەگات بە چوارگۆشەی ٦٤ەم. ئیمپڕاتۆر ئەمە بە دواکارییەکی متەوازیعانە تێگەیشت، بە خێرایی پەسەندی کرد و فەرمانی بە خزمەتکارەکانی کرد برنجەکەی بۆ بهێنن. بەڵام کاتێک دەست کرا بە بژاردنی دانەکانی برنج، خێرا هەڵەکەی خۆی دۆزییەوە. یەکەم ڕیزی تەنها ٢٥٥ دانە (2^8-1) لە خۆ دەگرت و تەنانەت لە کۆتایی دووەمین ڕیز لە چوارگۆشەکان تەنها ٣٢،٧٦٨ دانەی دەست دەکەوت کە کەمترە لە ١ کیلۆگرام برنج، بەڵام لەگەڵ چەند بەرامبەربوونەوەی کیلۆگرامەکان لە چوارگۆشەکانی دواتردا، ئیمپڕاتۆر کاتێک بینیی لە کۆتایی ڕیزی سێیەمدا نیو تەنی تێپەڕاند، تۆقیی. تەنانەت کاتێک گەیشت بە کۆتایی ڕیزی پێنجەم، پاشایەتییەکەی مایەپووچ بوو! لە ڕاستیدا لە دوایین خشتەی بۆردی شەترەنجەکەدا بڕی ژمارەی برنجەکە دەگات بە 9,223,372,036,854,775,808 ($2^{64}-1$)، یان 230,584,300,921 تەن، کە بە نزیکەیی یەکسانە بە بڕی برنجی درووێنەکراو بە درێژیی مێژووی مرۆڤایەتی.

کێشەکەی ئیمپراتۆر بریتی بوو لە شکستخواردنی لە وێناکردنی دووبارە و دووبارەبوونەوە کە سەرئەنجام دەگات بە گەشەی نمایی- کە بە زمانێکی تر دەگوترێت بەرزبوونەوە لە ژمارەیەکەوە بۆ ژمارەی دواتر گرێدراوە بە ژمارەی پێشوو. زیادبوونی نمایی، وەک چۆن ئیمپراتۆر بۆ نرخەکەی خۆی دۆزییەوە، زیادبوونێکی تەقینەوەییە.

هەر بەو شێوەیەی کە دانەکانی برنج بە شێوەی نمایی لە چیرۆکەکەی ئێمەدا بە ژمارەی چوارگۆشەکانی بۆردی شەترەنج زیاد دەبن، توانای کۆمپیوتەری کوانتەمییش بە شێوەی نمایی بە ژمارەی بیتە کوانتەمییەکان زیاد دەبن.

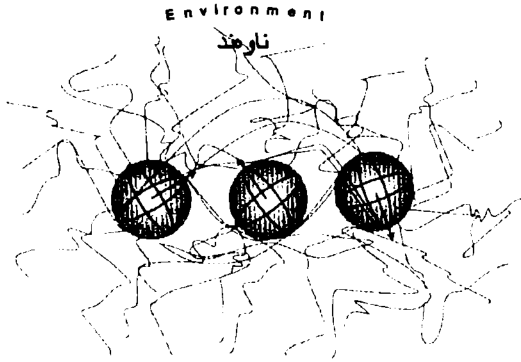
ئەمە زۆر جیاوازە لە کۆمپیوتەری کلاسیکی، کە تواناکەی تەنها بە شێوەی هێڵی لەگەڵ ژمارەی بیتەکان زیاد دەکات. بۆ نموونە زیادکردنی بیتێک بە کۆمپیوتەرێکی کلاسیکی ٨ بیتی تواناکەی بە فاکتەری ١ لەسەر ٨ بەرز دەکاتەوە؛ بۆ ٢ بەرامبەرکردنەوەی تواناکەی دەبێت ژمارەی بیتەکانی ٢ بەرامبەر ببێتەوە. بەڵام بە زیادکردنی ١ بیتی کوانتەمی بە کۆمپیوتەری کوانتەمی، تواناکەی ٢ بەرامبەر دەبێتەوە، کە دەمانگەیەنێت بە هەمان جۆر لە زیادبوونی نمایی توانا، کە ئیمپراتۆر دەیویست بە دانەی برنج جێبەجێی بکات. لە ڕاستیدا ئەگەر کۆمپیوتەرێکی کوانتەمی بتوانێت هاوباری و گیرۆدەیی تەنها لە نێوان ٣٠٠ بیتی کوانتەمی بپارێزێت، کە دەکرێت بە ٣٠٠ ئەتۆم ئەنجام بدرێت، دەتوانێت هەمان ئەرکی کۆمپیوتەری کلاسیکی ئەنجام بدات کە قەبارەکەی بە ڕادەی قەبارەی گەردوونە!

هەرچەندە ئەمە زۆر بەرچاوە، بەڵام کۆمپیوتەرێکی کوانتەمی بۆ ئەوەی کار بکات دەبێت بیتە کوانتەمییەکان بۆ هەژماردکردنەکان تەنها لەگەڵ خۆیاندا کارلێک بکەن (بە ڕێگەی ڕێسمانە گیرۆدە کەسنەبینەکان) ئەمەش واتای ئەوەیە ئەوان دەبێت بە تەواوەتی لە ناوەندەکەیان داببڕێن. کێشەکە بریتییە لەوەی هەر کارلێکێک لەگەڵ جیهانی دەرەوەدا دەبێت بە هۆی ئەوەی بیتە کوانتەمییەکان لەگەڵ

ناوەندەکەیانـدا گیـرۆدە بـبن، کە دەکرێـت وا وێـنەی بکەیـن کە ژمـارەیەکی زۆر ڕێســـمان بە بیـــتە کوانتەمییەکـــانەوە دەبەســـترێت، هەر بـــۆیە ئەو هەژماردکردنەی کە ئەنجامی دەدەن تێک دەچێت. ئەم پرۆسـەیە لە بنەڕەتدا ناسـراوە بە پرۆسـەی دابـاری (decoherence) (وێنەی ٨:٥). تەنـانەت بە بوونی کارلێکێکی زۆر لاواز وەک پشێوییەک لە ڕێسمانە گیرۆدەکانی سـەر بیـتە کوانتەمییەکـان، ڕەفتـاری هاوبارییـان لەگەڵ یەکتـری دەسـڕرێتەوە: ڕێســـمانە کوانتەمییەکـــان بە شـــێوەیەکی بەرچـــاو دەســـڕێنەوە و بیـــتە کوانتەمییەکان وەک بیتی کلاسیکیی سەربەخۆ ڕەفتار دەکەن.

فیزیـاییە کوانتەمییەکـان باشـترین کارەکـان بـۆ پاراسـتنی هاوبـاری لە بیـــتە کـــوانتەمییە گیرۆدەکانـــدا ئەنجـــام دەدەن، ئەویـــش بە ڕێـــگەی دروستکردنی بۆشـایی و بە وردی کۆنترۆڵکردنی سیستەمە فیزیاییەکـان و بەکـــۆدکردنی بیـــتە کوانتەمییەکـــان لە ژمـــارەیەکی کەم ئەتـــۆم، سـاردکردنەوەی سیسـتەمەکە بـۆ کەرتێکـی بچـووک لەسـەر ٠ی ڕەهـا و گەمـــارۆدانی ئامێرەکەیـــان بە شـــتی زۆر ئەســـتوور و ڕەق، بـــۆ ئەوەی کاریگەریی ناوەندی لەسـەر نەمێنێت. بە بەکارهێنـانی ئەم ڕێگەیـانە ئەوان توانیویـانە هەنـدێک سـەرکەوتنی ڕچەشـکێن بە دەسـت بهێـنن. لە ٢٠٠١دا زانایـانی IBM و زانکـۆی سـتانفۆرد هەوڵیـان دا بە ڕێـگەی بونیادنـانی "کۆمپیـوتەرێکی کـوانتەمی تیـوبی تـاقیکردنەوەیی" ٧ بیـت کـوانتەمی، کە دەکـرا کـۆدێکی زیرەکـی ناسـراو بە ئالگۆریسـمی شـۆر (shor's Algorithm) کە بە نـاوی ماتمـاتیکی پیـتەر شـۆرەوەیە، کە لە سـاڵی ١٩٩٤دا دای هێنـا بـۆ ئەوەی بە کۆمپیـوتەری کـوانتەمی جێبەجـێ بکرێت. ئـالگۆریتمی شـۆر بە ڕێگەیەکـی زۆر کـاریگەر فـاکتەرکردنی ژمارەکـان بە کۆد دەکـات (کـارکردن بەوەی چـی ژمـارەگەلێکی سـەرەتایی پێویسـتە لە یەکتری کەڕەت بکرێن، بۆ ئەوەی ژمـارەیەکی دیاریکراو بە دەسـت بێت). ئەمە ڕچەشـکاندنێکی گەورە بـوو، لە هەمـوو جیهانـدا دەنگـی دایەوە؛ لە یەکەم بازدانـدا کۆمپیـوتەرە کوانتەمییەکـان لە هەژمـاردکردنی ژمـارە سـەرەتاییەکانی ١٥دان (٣ و ٥ ئەگەر سەرت سوور نامێنێت).

دوای تێپەڕینی دەیەیەک هەندێک لە فیزیایی و ماتماتیکزانە بەرزەکان و ئەندازیارەکان بە قورسی کار دەکەن بۆ ئەوەی کۆمپیوتەرێکی کوانتەمیی باشتر و گەورەتر دروست بکەن، بەڵام پێشکەوتنەکان زۆر هێواشە. لە ٢٠١١دا، توێژەرانی چینی هەوڵیان دا ژمارەی ١٤٣ (13x11) تەنها بە بەکارهێنانی ٤ بیتی کوانتەمی بە فاکتەر بکەن. هاوشێوەی گرووپی ئەمەریکای پێشوو، تیمە چینییەکە سیستەمێکیان بە کار هێنا کە لەودا بیتە کوانتەمییەکان لەسەر دۆخە سپینییەکان بە کۆد دەبوون. نزیکبوونەوەیەکی بە تەواوەتی جیاواز لە لایەن کۆمپانیای D-Waveی کەنەدی پێشکەش کرا، کە بیتە کوانتەمییەکانی لەسەر جووڵەی ئەلیکترۆنەکان لە سووڕی کارەباییدا بە کۆد دەکرد. لە ساڵی ٢٠٠٧دا کۆمپانیاکە گوتی یەکەم کۆمپیوتەری کوانتەمیی ١٦ کوانتەم بیتی بۆ مەبەستی بازرگانی پەرە پێ داوە کە توانای شیکاری پازڵی سۆدکۆ (Sudoku puzzle) و شێوازەکانی لەو جۆرە و پرسەکانی باشترکردنی هەیە. لە ٢٠١٣دا هاریکارییەکی نێوان ناسا و گووگڵ و هاوکاریی توێژینەوەی فەزاییە زانکۆییەکان (USRA)، ماشینێکی ٥١٢ کوانتەم بیتی لە D-Wave کڕیی، لە ناسا پلانی داناوە بۆ گەڕان لە دەرەهەسارەکان (exoplanet)، واتە ئەو هەسارانەی لە دەرەوەی کۆمەڵەی خۆر بە دەوری ئەستێرە دوورەکاندا دەسووڕێنەوە. بە هەرحاڵ، ئەو کێشانەی جارێک لە لایەن کۆمپانیاکەوە شیکار کراوە، لە چوارچێوەی توانای کۆمپیوتەری ئاساییدان و زۆر لە شارەزایانی هەژماردکردنی کوانتەمی گومانیان هەیە کە تەکنەلۆجیاکەی D-Wave بە ڕاستی هەژماردی کوانتەمی بن، یان دیزاینەکەی زۆر خێراتر لە کۆمپیوتەری کلاسیکی بێت.



وێنەی ٨:٥

داباری لە کۆمپیوتەری کوانتەمیدا دەکرێت وا وێنە بکرێت کە بیتە کوانتەمییەکان بە هۆی هەندێک ڕیسمانەوە بە ناوندەوە گیرۆدە دەبن. ئەم ڕاکێشوداکێشانەی بیتە کوانتەمییەکان بەم ڕێگەیە دەبێت بە هۆی پەیوەندییە گیرۆدەییەکەی نێوان خۆیان پارێزراو نەبێت.

هەر ڕێگەیەک کە تاقیکەرەکان هەڵی ببژێرن، تەحەداکانی بەردەم گۆڕینی ئەم نەوەی کۆمپیوتەرە کوانتەمییەکان بۆ شتێکی سوودمەندتر بە بەرافروانی دەمێنێتەوە. گەورەترین کێشە قەبارەکەیەتی. هەر بیتێکی کوانتەمی توانای هەژماردکردن ٢ بەرامبەر دەکاتەوە، بەڵام هەر بەو شێوەیەش کێشەی پارێزگاری لە هاوباری و گیرۆدەیی ٢ بەرامبەر دەبێتەوە. ئەتۆمەکان دەبێت ساردتر ببنەوە، دابڕینیان لە ناوەند دەبێت زۆر کاریگەرتر بێت و زۆرتر و زۆرتر قورس دەبێت هاوباری بۆ چەند تریلیۆنمی چرکەیەک بپارێزرێت. داباری تەنانەت پێش ئەوەی کۆمپیوتەرەکە بتوانێت هەژماردکردنێکی سادە ئەنجام بدات، ڕوو دەدات (هەرچەندە لە کاتی ئەم نووسینەدا هاوبارێی کوانتەمیی تۆمارکراو لە پلەی گەرمیی ژووردا بۆ دۆخەکانی سپینی ناوکی کاتیی سەرسووڕهێنەری ٣٩ خولەکە)[٨٦].

[86] K. Saeedi, S. Simmons, J. Z. Salvail, P. Dluhy, H. Riemann, N. V. Abrosimov, P. Becker, H.-J. Pohl, J. J. L. Morton and M. L. W. Thewalt, "Room-temperature

بەڵام دەزانین، خانە زیندووەکان کە لە دابـاری پـارێزراون، کـاتەکە هێنـدە درێـژ هەیە بـۆ ئەوەی ئیگزایتۆنەکـان لە ئـاوێتە ڕۆشـنەپێکهاتنەکاندا بگوازنەوە، یـان پرۆتۆنەکـان و ئەلیکترۆنەکـان لە ئەنزیمەکانـدا. ئایـا بە هاوشـێوەیی دابـاری لە نـاوچەی سیسـتەمی هەسـتەدەمارە ناوەنـدییەکانیش پـارێزراوە تـا بکرێـت هەژمـاردکردنی کوانتەمی لە ناو مێشکدا ئەنجام ببێت؟

ئایا هەژماردن بە لوولەکی ورد دەکرێت؟

ئارگیومێنتە سەرەتاییەکەی پینرۆز کە مێشـک کۆمپیوتەرێکی کوانتەمییە لەم ئاڕاسـتە سەرسـووڕهێنەرەوە دێت: کۆمەڵەیەکی بەناوبانـگ (لانیکەم لە نـاوچەی ماتماتیـک) سـەلمێنراوی نـاتەواو لە لایەن ماتمـاتیکزانی نەمسـاوی کورت گۆدیلەوە (kurt Godel)، پێشکەش کرا. ئەم بیردۆزانە لە سـاڵانی ١٩٣٠دا بۆ ماتماتیکزانەکـان وەک شـۆک وا بـوو، ئەو دەسـتی بە کـارکردن لەسـەر پرسـێک کـرد، بۆ ئەوەی کۆمەڵەیەکی بەهێز ئاکسـیۆمی ماتمـاتیکی دیـاری بکـات کە دەکرا بە شـێوەی بنەڕەتـی بیسـەلمێنێت ڕسـتە ڕاسـتەکان ڕاسـتن و ڕسـتە هەڵەکـان هەڵەن. کە کـۆی گشـتیی ژمێرکـاری دەکـرا بە شـێوەی نـاوەکی لەگەڵ یەکتـری گونجـاو بـن و بەری بـن لە هەر چەشـنە دژبەیەکیـیەک. ئەمە سـەرچاوەی ئەو شـتانەیە، کە تەنهـا فەیلەسـووف و ماتماتیکزانەکـان دەکرێـت پێـوەی خەریـک بـن، بەڵام لە هەمـان کاتیشـدا سەردەکێشـێت بـۆ گفتوگـۆی گرنـگ لە بـواری لۆجیکـدا. سـەلمێنراوە ناتەواوەکانی گۆدیل پیشانی دەدا کە چۆن هەوڵێک مەحکوومە بە شکست.

یەکەم دانەی ئەم سـەلمێنراوانە شـرۆڤەی ئەوەی دەکـرد کە سیستەمە لۆجیکییەکانی وەک زمانی سروشتی یان ماتماتیک، دەکرێت هەندێک دەربڕینی ڕاست دروست بکات کە ناکرێت بسەلمێت. ئەمە

---

quantum bit storage exceeding 29 minutes using ionized donors in silicon-28," Science, vol. 342: 6160 (2013), pp. 830–33.

لەوانەیە دەربڕینـی بێزیـان بێـت، بەڵام دەلالەتەکـانی زۆر دوورتـر دەڕوات. سیستەمێکی لۆجیکیی ناسراوی وەک زمـان لەبەرچاو بگرە، کە توانـای ژیربێـژی بە ڕێـگەی ڕسـتەکانی وەک "هەمـوو پیاوەکـان دەمـرن، سـوکرات پیـاوە." کە دەگەیـن بەو ئەنجـامەی سـوکراتیش دەمرێت. ئەمە ئاسانە بۆ تێگەیشتن و ئاسانیشە بۆ سەلماندنی فەرمی، دواین دەربڕین بە شێوەی لۆجیکی بە دوای دوانەکەی سەرەتادا دێت، کە کـۆمەڵەیەک ڕێسـای جەبـری دەدا بە دەسـتەوە (ئەگەر A=B و B=C کەوابـوو A=C). بەڵام گۆدیل پیشـانی دا کە هەر سیسـتەمێکی لـۆجیکی بە ڕادەی پێویسـت ئـاڵۆز دەیسـەلمێنێت کە سـەلمێنراوە (Theorem) ماتماتیکییەکـان سـنووردارێی بنچینەییـان هەیە: بەکارهێنـانی ڕێسـاکانیان دەکرێـت هەنـدێک ڕێسـا بەرهەم بهێنێت کە ڕاستن، بەڵام ئەم دەربڕینـانە ناکرێـت بە هەمـان ئـامراز بسـەلمێن کە یەکەم جار بۆ بەرهەمهێنانیان بە کار هاتووە.

ئەمە لەوانەیە تۆزێک ئاڵۆز بێت، کە بە ڕاستی واشـە. بە هەرحـاڵ، سـەلمێنراوی گۆدیل واتـای ئەوە نییە کە هەندێک دەربڕینـی دروسـت نەشـیاوە بـۆ سـەلماندن. لەجیـاتیی ئەوە، کـۆمەڵەیەک ڕێسـا لەوانەیە توانای سەلماندنی دەربڕینە دروستەکانیان هەبێت، کە بە ڕێگەی هەر کۆمەڵەڕێسـایەکی تـر ناسـەلمێن. بـۆ نمـوونە، دەربـڕینە زمانییەکـانی ڕاسـت، بەڵام نەشـیاو بـۆ سـەلماندن دەکرێـت بە ڕێسـا جەبرییەکـان بسەلمێن و بە پێچەوانەوە.

هەڵبەت ئەمە سادەکردنەوەیەکی لە ڕادەبەدەرە، کە داوەریی تەواو لەسەر وردەکاریی بابەتەکە نـادات بە دەستەوە. خوێنەرێک کە حەزی لێ بێت دەکرێت کتێبەکەی ساڵی ١٩٧٩ لەسەر ئەم بابەتە بخوێنێتەوە، کە لە لایەن پرۆفیسـۆری ئەمەریکـایی زانسـتی ئاگـایی، دۆگـلاس هۆفستاتێر (Douglas Hofstadter) نووسراوە[٨٧].

[87] D. Hofstadter, Gödel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid (New York: Basic Books, 1999; first publ. 1979.

خاڵی گرنگ لێرەدا ئەوەیە کە لە کتێبەکەیدا پێنرۆز، ئیمپراتۆرەکەی زیهنی نوێ (The Emperor's New Mind)، باسی دەکات کە سەلمێنراوە ناتەواوەکانی گۆدیل وەک دەستپێکی ئارگیومێنتەکەی دادەنێت، بە ئاماژەکردن بەوەی کە کۆمپیوتەری کلاسیکی، سیستەمە لۆجیکییە فەرمییەکان بۆ دروستکردنی دەربڕینەکانیان بە کار دەهێنن (ئالگوریسمە کۆمپیوتەرییەکان). بەپێی بیردۆزی گۆدیل، دەبێت ئەوان بتوانن هەندێک دەربڕین دروست بکەن کە نەتوانن بیسەلمێنن. بەلام پینرۆز بەڵگە دەهێنێتەوە (مرۆڤەکان، یان لانیکەم ئەو جۆرانەی کە ماتماتیکین) دەکرێت ئەم دەربڕینە نەشیاو بۆ سەلماندنانەی دەربڕینە ڕاستانەی کۆمپیوتەر بسەلمێنن. هەر بۆیە ئەو بەڵگە دەهێنێتەوە، زیهنی مرۆڤ زۆر زیاترە لە کۆمپیوتەرێکی کلاسیکی، چونکە توانای ئەو پرۆسانەی هەیە کە ئەو ناوی دەنێت نەشیاو بۆ هەژماردکردن. ئەو دوایی ئەم گریمانەبابەتە پێشکەش دەکات، کە ئەم نەشیاو بۆ هەژماردکردنە، هەندێک شتی زیاتر پێشکەش دەکات، هەندێک شتی زیاتر کە میکانیکیی کوانتەمی دەیخاتە بەردەست. بۆ ئاگایی ئەو بەڵگە دەهێنێتەوە کە دەبێت کۆمپیوتەری کوانتەمی بێت.

هەڵبەت ئەمە قسەیەکی زلە کە فڕێ دەدرێت بێ ئەوەی بە ماتماتیک بسەلمێت، ئەمە خاڵێکە بۆی دەگەڕێینەوە. بەلام لە کتێبی دواتریدا، سێبەرەکانی زیهن (The Shadows of the Mind)، پینرۆز تەنانەت چووە پێش بۆ پێشنیازکردنی میکانیزمێکی فیزیایی بەو ڕێگەیەی کە لەوانەیە مێشک کۆدکردنەکان لە جیهانی کونتەمدا ئەنجام دەدات[88]. لەگەڵ ستوارت هامیرۆف (Stuart Hameroff) (جانجۆ ئەم هەلە بە کار دەهێنێت بۆ ئەوەی داوای لێبووردن لە ستوارت هامیرۆف بکات بە هۆی نووسینی ناوەکەی بە هەڵە لە کتێبەکەیدا، واتە پەرەسەندنی کوانتەمی) پرۆفیسۆری بێهۆشی و

[88] R. Penrose, Shadows of the Mind: A Search for the Missing Science of Consciousness (Oxford: Oxford University Press, 1994.

دەروونناسی لە زانکۆی ئاریزۆنا، بۆ کارکردن لەسەر ئەوە قسەیەی کە ڕێساکانی ناسراو بە مایکرۆ لوولەک کە لە ناو نیرۆنەکاندا دۆزرابوونەوە، بیتە کوانتەمییەکانی مێشکن[٨٩].

مایکرۆ لوولەکەکان (Microtubules) ڕیسمانی درێژی پرۆتینێکن بە ناوی تیوبولین (Tubulin)، هەمیرۆف و پینرۆز وایان دانا کە ئەم پرۆتینانەی تیوبولین - کە هەڵواسراون بە ڕیسمانەکانەوە - توانای گۆڕینیان لە نێوان لانیکەم ٢ ڕوخساری جیاوازدا هەیە، کشاو و گوشراو و توانای ڕەفتاری تەنە کوانتەمییەکانیان هەیە، کە لە سەریەککەوتنی هەر ٢ ڕوخسارەکەدا هەیە، کە شتێکە نزیک لە بیتی کوانتەمی. نە تەنها ئەوە، ئەوان ئەو گریمانەبابەتەیان هێنایە ئاراوە کە پرۆتینەکانی تیوبولین لە ناو نیرۆنێکدا گیرۆدەن لەگەڵ ژمارەیەکی زۆر لە نیرۆنەکانی تر. تۆ دەبێت لە بیرت بێت کە گیرۆدەیی بریتییە لە "کرداری خێوەکی لە مەودای دوور کە توانای ئەوەی هەیە تەنەکان لە هەر مەودایەک پێکەوە گرێ بدات". ئەگەر پەیوەندییە خێوەکییەکان لە نێوان سەدان ملیارد نیرۆن لە ناو مێشکی مرۆڤدا مومکین دەبێت، کەوابوو ئەوان دەکرێت، توانای ئەوەیان هەبێت، هەموو زانیارییە بەکۆدکراوەکان لە ناو هەستەدەمارەکاندا پێکەوە گرێ بدەن و بەم شێوەیە پرسی گرێدان چارەسەر بکرێت. ئەوان دەکرێت زیهنی بەئاگاش دروست بکەن کە لە ئاڵۆزیدا وەک کۆمپیوتەرێکی کوانتەمیی سەرووئاساییەوە بێت.

شتی زیاتر سەبارەت بە تیۆریی ئاگایی پینرۆز- هەمیرۆف هەیە، تەنانەت شتی زۆر گەنگەشاویی وەک لەخۆگرتنی کێشکردنیش (هەرچەندە لێرەدا چەمکێکی قورستریش هەیە، بەڵام پینرۆز

---

[89] S. Hameroff, "Quantum computation in brain microtubules? The Penrose–Hameroff 'Orch OR' model of consciousness," Philosophical Transactions of the Royal Society Series A, vol. 356: 1743 (1998), pp. 1869–95; S. Hameroff and R. Penrose, "Consciousness in the universe: a review of the 'Orch OR' theory," Physics of Life Reviews, vol. 11 (2014), pp.39–78.

دەربڕینێکـی بە تەواوەتـی نائاسـایی سـەبارەت بە پرسـی پێـوان لە میکانیکیی کوانتەمیدا پێشکەش کرد، بە پۆستۆلەکردنی ئەوەی کە بۆ سیسـتەمی بە ڕادەی پێویسـت ئـاڵۆز (هەر بـۆیە زۆریـش گەورە)، کاریگەریی هێزی کێشکردن لەسەر فەزا و کات پشێوییەک دروست دەکـات کە هـاڕە بە نەخشەشـەپۆل دەکـات و سیسـتەمەکە لە کـوانتەمییەوە دەکـات بە کلاسـیکی و ئەم پرۆسـەیە بیرکردنەوەکـانی ئـێمە دروسـت دەکـات. وردەکـاریی ئەم تیـۆرییە زۆر نائاسـاییە لە کتێبەکانی پینرۆزدا باس کراون، بەڵام پێویستە بگوترێت پێشنیازەکەی لە ئێستادا لە نـاو کـۆمەڵەی فیزیاییەکانـدا لایەنگری کەمە). بەڵام ئایا ئەمە بـڕوای پـێ دەکرێـت؟ ئـێمە و بە نزیکەیـی هەمـوو زانایـانی هەستەدەمارناس و فیزیاییەکانی کوانتەم، لەگەڵ ئەمەدا ئاسوودە نین. یەکێـک لە زۆرترینـی ڕەخـنە زەقەکـان لەوانەیە لە شـیکردنەوەکانی پێشـوو، سـەبارەت بە جووڵەی زانیـاری لە مێشـک و هەسـتەدەمارەوە ڕوون بـووبێتەوە. هەر بۆیە پێویسـت ناکـات ئەم کـارە ئەنجام ببێت، چـونکە تـا ئەو جـێگەیەی زانـراوە ئەوان ڕۆڵـی ڕاسـتەوخۆیان لە پرۆسەی زانیاریی دەماریدا نییە. مایکرۆلوولەکەکان ڕاگری ڕێسـای نیرۆنەکـانن و گـوازەرە هەسـتەدەمارییەکان بە درێژیـی سـەر و خوارەوە دەگوازرنەوە؛ بەڵام وا بیر نـاکرێتەوە لە چوارچێوەی تۆڕی بەنـد لەسـەر بەپرۆسـەکردنی زانیـاری بەرپـرس بـن لە هەژماردکردنەکـانی مێشـک، هەر بـۆیە مایکرۆلوولەکەکـان دوورە بەشێک لە بیرکردنەوەکانی ئێمە بن.

بەڵام لەوانەیە یەکێک لە ڕەخنە هەرە گرنگەکان بریتی بێت لەوەی مایکرۆلوولەکـان ناکرێـت وەک بیتـی کـوانتەمیی هاوبـار لەبەرچـاو بگیـرڕێن، چـونکە ئەوان هەم گەورەن و هەم ئـاڵۆزن. لە بەشـەکانی پێشـوودا هەنـدێک نموونەمـان بـۆ هاوبـاریی کـوانتەمی، گیرۆدەیـی و تونێلێدان بە مەودای هەمـوو سیسـتەمە زیندەناسـییەکان لە سیسـتەمە ڕۆشـنەپێکهاتنەوەکانەوە بگـرە بـۆ ئەنزیمەکـان، وەرگرەکـانی بـۆن،

DNA و ئەندامی هەستکردن بە موگناتیس لە باڵندەکاندا باس کرد. بەڵام لایەنی سەرەکیی هەموو ئەمانە بریتییە لەوەی بەشە کوانتەمییەکەی (ئیگزایتۆنەکە، ئەلیکترۆن، پرۆتۆن یان ڕادیکاڵی سەربەست) سادەیە. پێک هاتوون لە تەنۆلکەیەک یان چەند تەنۆلکە کە لە سکێڵی مەودای ئەتۆمیدا دەجووڵێن. ئەمە گرێ دراوە بە وانەکەی شرۆدینگێر لە ٧٠ ساڵ لەوەوپێش ئاماژەی کرد ئەو سیستەمە بایۆلۆژییانەی پشتگیریی ڕێساکانی کوانتەم دەکەن، ژمارەیەکی کەم تەنۆلکە لە خۆ دەگرن.

بەڵام تیۆرییەکەی پینرۆز - هامیرۆف پێشنیاز دەکات کە مۆڵکیوڵەکانی پرۆتین کە پێک هاتوون لە ملیۆنەها تەنۆلکە، لە سەریەککەوتن و گیرودەبیدان، نە تەنها مۆڵکیوڵەکان کە لە ناو مایکرۆلوولەکەکاندان، بەڵام مایکرۆلوولەکەکانیش کە پێک هاتوون لە ملیۆنەها مۆڵکیوڵ، لە ناو چەند ملیارد خانەی هەستەدەمار، بە پانتایی قەبارەی هەموو مێشک ئەوانیش لە گیرۆدەبیدان. ئەمە زۆر زەحمەتە بە ژیرانە دابنرێت.

ئەگەرچی تا ئێستا کەس هەوڵی نەداوە هاوباری لە مایکرۆلوولەکەکانی مێشکدا بپێوێت، هەژمارکردنەکان پیشان دەدەن کە هاوباریی کوانتەمی ناکرێت لە چەند پیکۆچرکەیەک زیاتر پارێزراو بێت[٩٠]، کە کاتی زۆر زیاتر لەمە پێویستە بۆ ئەوەی کاریگەری لەسەر هەژماردکردنەکانی ناو مێشک دابنێت.

(پیکۆچرکەیەک بریتییە لە ١ ملیۆنمی ملیۆنمی چرکەیەک یان 10^{-12})

بە هەرحاڵ، لەوانەیە تەنانەت پرسێکی زۆر بنچینەییتر لە تیۆرییە ئاگاییە کوانتەمیەکەی پینرۆز - هامیرۆف، بریتی بێت لە بۆچوونە سەرچاوەییەکەی پینرۆز کە مێشک کۆمپیوتەرێکی کوانتەمی بێت. لە

[90] M. Tegmark, “Importance of quantum decoherence in brain processes,” Physical Review E, vol. 61 (2000), pp. 4194–206

بیرته که پینرۆز جەختی دەکردەوە کە مرۆڤ دەتوانێت دەربڕینە گۆدیلییەکان کە کۆمپیوتەر ناتوانێت بیسەلمێنێت، بسەلمێنێت. بەڵام ئەمە بەو واتایەی هەژماردکردنە کوانتەمییەکانی مێشک کە لە لایەن کۆمپیوتەرە کوانتەمییەکانەوە ئەنجام دەبێت، باشتر لە کۆمپیوتەری کلاسیکی بێت، بەڵام بە ڕەهایی هیچ بەڵگەیەک بۆ ئەمە لە بەردەست نییە، بەڵام زۆرترینی توێژەرەکان بڕوایان بە پێچەوانەکەی هەیە[91]. زیاتر لەوە بە گشتی ڕوون نییە کە مێشکی مرۆڤ بە ڕاستی بتوانێت باشتر لە کۆمپیوتەرێکی کلاسیکی دەربڕینەکانی گۆدیلی بسەلمێنێت. هەرچەندە مرۆڤ لەوانەیە توانای ئەوەی هەبێت دروستیی دەربڕینە نەشیاو بۆ سەلماندنەکانی گۆدیل کە بە کۆمپیوتەر دروست دەبێت، بسەلمێنێت، بە هاوتایی ئەوەش مومکینە کۆمپیوتەریش لەوانەیە بتوانێت دروستیی ئەو ڕستە نەشیاو بۆ سەلماندنانەی کە لە لایەن زیهنی مرۆڤێکەوە دروست دەبن، بسەلمێنن. بیردۆزی گۆدیل تەنها توانایی سیستەمێک لە لۆجیکە، کە توانینی سەلماندنی هەموو دەربڕینەکانی خۆی سنووردار دەکات؛ ئەم سنوورداربیە بۆ سیستەمێکی تری لۆجیک نییە بۆ ئەوەی بتوانێت دەربڕینەکانی گۆدیل کە لە لایەن سیستەمێکی ترەوە دروست دەبێت، بسەلمێنێت.

بەڵام ئایا ئەمە واتای ئەوە دەبێت میکانیکیی کوانتەمی هیچ ڕۆڵێکی لە مێشکدا نییە؟ ئایا ئەمە واتای ئەوەیە کە کرداری کوانتەمی لە هەر شوێنێکی جەستەماندا هەیە لە مێشکماندا نەبێت، کە بە مەکینەی هەڵمی جیهانی کلاسیکی کار دەکات؟ لەوانەیە وا نەبێت. توێژینەوەکانی ئەم دواییە پیشانی دەدەن میکانیکیی کوانتەمی لەوانەیە بە ڕاستی ڕۆڵی زۆر بنەڕەتی لە چۆنێتیی کارکردنی زیهندا بگێڕێت.

---

[91] بۆ نموونە:

A. Litt, C. Eliasmith, F. W. Kroon, S. Weinstein and P. Thagard, "Is the brain a quantum computer?," Cognitive Science, vol. 30: 3 (2006), pp. 593–603

ئایا کەناڵە ئایۆنییەکان کوانتەمین؟

شـوێنێکی مـومکین بـۆ دیـاردە کوانتەمییەکـان لە نـاو مێشـکدا، دەکەوێـتە نـاوچەی کەنـاڵە ئایۆنییەکـان لە نـاو پەردەی خـانە نیرۆنییەکـان. وەک پێشـتر باسـمان کـرد، ئەمـانە بەرپرسـن لە گواسـتنەوەی کـرداری پەسـتانە کارەباییەکـان - سـیگناڵەکانی هەسـتەدەمار - کە زانیـاری لە نـاو مێشـکدا دەگـوازێتەوە، هەر بـۆیە ئەوان ڕۆڵی سـەرەکی لە پرۆسـەی زانیـاریی هەستەدەماریدا دەگێڕن. کەناڵەکان درێژییەکەیان تەنها ١ ملیاردمێکی مەترە (١,٢ نانۆمەتر) و پانییەکەیـان بە نیـوەی ئەوەیە، هەر بـۆیە ئایۆنەکـان دەبێت بە ڕیـز و دانە دانە لێوەی دەرپەڕن. کەچی هێشـتا نرخی تێپەڕینیان بەرزە و لە چرکەیەکدا ١٠٠ ملیۆنیـان تێپەڕ دەبێت. کەنـاڵەکە هەڵبژاردنیکـی ورد ئەنجـام دەدات. بـۆ نمـوونە، کەنـاڵەکە بەرپرسـە لە ڕێـگەدان بە ئایۆنەکـانی پۆتاسـیۆم بـۆ نـاو خـانەکە و دەهێڵێـت تەنهـا ١ ئـایۆنی سـۆدیۆم لە بەرامـبەر هەر ١٠,٠٠٠ ئـایۆنی پۆتاسـیۆم تێـپەڕ ببێـت، سـەرەڕای ئەو ڕاسـتییەی کە ئایۆنەکانی سـۆدیۆم تۆزێک بچـووکترن لە پۆتاسـیۆم- هەر بـۆیە دەبێـت بە سـادەیی چـاوەڕێ بکەیـت، بە ئاسانی دزە بکاتە ناو هەر شـتێکی بە ڕادەی پێویسـت گەورە بێت کە ئایۆنێکی پۆتاسیۆمی پێدا بڕوات.

ئەمە نرخگەلێکی بەرزی گواستنەوەیە، کە لەگەڵ پلەیەکی نائاسـایی لە هەڵبژاردنی ئەنجامبوودایە و پشتگیریی خێرایـی پەسـتانە کارەبـاییە کردەکییەکـــان دەکـــات و بەم ڕێـــگەیە توانـــایی گواســـتنەوەی بیرکردنەوەکانی ئێمەی بە نـاو مێشـکدا دەبێت. بەڵام چۆن ئایۆنەکـان بە خێرایـی و بە هەڵبژێـرراوی دەگـوازرێتەوە، هێشـتا نهێنیـیە. ئایـا میکانیکیی کوانتەمی یارمەتیدەرە؟ ئێمە پێشتر (لە بەشـی ٤دا) باسـمان کـرد میکـانیکیی کـوانتەمی دەکرێـت چوسـتیی گواسـتنەوەی وزە لە ڕۆشـنەپێکهاتندا بەرز بکـاتەوە. ئایـا ئەم بەرزکـردنەوەی چوسـتییە لە مێشکیشـدا هەیە؟ لە ٢٠١٢دا زانـای دەمارنـاس گۆسـتاڤ بیرنرۆدیـر

(Gustav Bernroider)، لە زانکۆی سالزبورگ (Salzburg) لەگەڵ یوهان سامهامێر لە ئەنستیتوتی ئەتۆم لە زانکۆی تەکنەلۆژیای ڤیەننا هاوشێوسازیی میکانیکیی کوانتەمییانەیان بۆ ئایۆنێک کە لە کەناڵی دەروازە ڤۆڵتییەی ئایۆنییەوە تێپەڕ دەبێت، کرد و دۆزییانەوە کە ئایۆنەکان ناجێگیرن (بڵاو دەبنەوە) و کاتێک لە کەناڵەکەوە تێپەڕ دەبێت: زۆرتر وەک شەپۆلە تا تەنۆلکە. لە لایەکی ترەوە ئەم ئایۆنە لەرەلەرەکەی زۆر بەرزە و وزەکەی بۆ پرۆتینەکەی دەوروبەر دەگوازێتەوە، بە جۆرێک لە پرۆسەی زرینگاندایە، هەر بۆیە کەناڵەکە بە شێوەی کاریگەر وەک سەلاجەی ئایۆن کە جووڵەوزە کەم دەکاتەوە، کار دەکات و دەیکات بە نیوە. ئەم ساردکردنەوەیە بە کاریگەریی ئایۆن پارمەتیی پارێزراوبوونی دۆخە کوانتەمییە ناجێگیرەکان دەدات، بە ڕێگەی پارێزراوبوون لە داباری لە ناوچەکە و هەر بەم ڕێگەیەش بەرزکردنەوەی گواستنەوەی کوانتەمی بە ڕێگەی کەناڵەکە. ئەمە کاریگەری لەسەر پرۆسەی هەڵبژاردن دادەنێت، چونکە پلەی ساردکردنەوە کاتێک سۆدیۆم لەجیاتیی پۆتاسیۆم دابنرێت، زۆر جیاواز دەبێت: بەیەکداچوونی دروستکەر دەکرێت گواستنەوەی ئایۆنی پۆتاسیۆم بەرز بکاتەوە، لە کاتێکدا بەیەکداچوونی وێرانکەر دەکرێت ڕێگری لە گواستنەوەی ئایۆنی سۆدیۆم بکات. تیمەکە گەیشت بەو ئەنجامەی کە هاوباریی کوانتەمی ڕۆڵی حەتمی لە گەیاندنی ئایۆنەکان بە ڕێگەی کەناڵەکانی ئایۆن دەگێڕن، هەر بۆیە دەبێت بەشێکی سەرەکی لە پرۆسەی بیرکردنەوەمان بێت[٩٢].

دەبێت جەخت بکەینەوە کە ئەم توێژەرانە پێشنیازیان نەکردووە، کە ئایۆنەکانی هاوباریی کوانتەمی توانای کارکردنیان وەک جۆرێک لە بیتی کوانتەمیی هەستەدەماری هەبێت و پێشنیازیشیان نەکردووە کە

---

[92] G. Bernroider and J. Summhammer, "Can quantum entanglement between ion transition states effect action potential initiation?," *Cognitive Computation*, vol. 4 (2012), pp.29–37.

ئەوان دەتـوانن ڕۆڵ لە ئاگاییدا بگێڕن: بەڵکو لە تێڕوانینـی یەکەمـدا، قورسـە ببینرێت کە ئەوان چۆن دەکرێت بەشـدار بن لە چارەسـەری هەندێک پرسـی ئاگایی وەک پرسـی لکان (binding). بە هەرحاڵ، بە پـێچەوانەی میکرۆلوولەکەکـان لە گریمـانەی پینـرۆز – هـامیرۆف، کەناڵەکـانی ئـایۆن لانـیکەم ڕۆڵێکـی ڕوون لە هەژمـاردکردنی هەستەدەمارییەکاندا دەگێڕن - ئەوان پشـتگیریی پەسـتانە کارەباییە کردەکییەکـان دەکەن – هەر بـۆیە دۆخەکەیـان ڕەنگـدانەوەی دۆخـی هەسـتەدەمارە: ئەگەر هەسـتەدەمار سـوور ببێـتەوە (چـالاک ببێـت)، ئەوکات ئایۆنەکان بە خێرایی لە کەناڵەکان دەکەونە جووڵە (لە بیرت نەچێـت ئەوان وەک شـەپۆلە کوانتەمییەکـان دەجـووڵێن)، ئەگەر هەستەدەمارەکان بێجـووڵە بن، هەمـوو ئایۆنەکـانی نـاو کەنـاڵەکە لە وەستاندا دەبن. هەر بۆیە چونکە کۆی گشـتیی نیرۆنە چالاکبووەکان و چالاکنەبووەکـان لە مێشـکماندا دەبێـت، بە ڕێـگەیەک بیرکردنەوەکانمـان بە کۆد بکات، ئەو بیرکردانەوەش لە کۆی هەمـوو جـووڵە کـوانتەمییەکەی ئایۆنەکـان، بـۆ نـاوەوە و دەرەوەی خـانە هەسـتەدەمارییەکان ڕەنـگ دەدەنەوە- بە کـۆد دەبـن. بەڵام چـۆن دەکرێـت پرۆسـەکانی بیرکـردنەوەی تەنهـا پـێکەوە خـڕ ببـنەوە، بـۆ ئەوەی ئاگـایی دروسـت بـکەن، واتە پێکەوەگرێـدانی بیرکردنەوەکـان؟ کەنـاڵێکی هاوبـاریی ئـایۆن - چـی کـوانتەمی یـان کلاسیکی - لەوانەیە نەکرێت هەمـوو زانیارییە پێکەوەخڕبووەکان بۆ نـاو پرۆسـەی بیرکـردنەوە بە کـۆد بکـات، کە وێنـای تەنێکـی ئـاڵۆزی وەک گامێشی کێوی بکات. بۆ ئەنجامدانی ڕۆڵ لە ئاگاییدا، کەناڵەکانی ئایۆن دەبێت بە ڕێگەیەک پێکەوە بنووسێن. ئایا میکـانیکیی کوانتەمی ئەم یـارمەتییە دەدات؟ بـۆ نمـوونە ئایـا مـومکینە ئایۆنەکـانی نـاو کەناڵەکان تەنها بە درێژیی کەناڵەکە هاوبار نەبن، بەڵکو هاوبـار بن و تەنانەت گیرۆدە بن لەگەڵ ئایۆنەکانی کەنـاڵی دراوسـێ، یـان تەنـانەت خـانە دراوسـێیەکان؟ بە دڵنیـایی زۆرەوە نـا. کەناڵەکـانی ئـایۆن و

ئایۆنەکانی ناوی هەمان کێشەیان هەیە، کە ئایدیای میکرۆلوولەکەکانی پینرۆز - هامیرۆف هەیانبوو. هەرچەندە دەکرێت بڕوا بکرێت کە ئایۆنێکی تەنهای کەناڵێک بکرێت گیرۆدە بێت لەگەڵ کەناڵێکی دراوسێی هەمان خانەی دەماری، بەڵام گیرۆدەیی نێوان کەناڵە ئایۆنییەکان لە هەستەدەمارە جیاوازەکان، پێویستی بە چارەسەری پرسی لکان هەیە، کە بە تەواوەتی لە شوێنێکی تەڕ و گەرم بە جووڵەی زۆر بەرزەوە و دابارینی سەپێنراو لە لایەن ناوەندی مێشکێکی زیندووەوە نامومکینە.

هەر بۆیە ئەگەر گیرۆدەیی نەکرێت بلکێت بە زانیاریی ئاستی کوانتەمییەوە لە کەناڵە ئایۆنییەکاندا، ئایا هیچ شتێکی تر هەیە بتوانێت ئەم کارە ئەنجام بدات؟ لەوانەیە.

دەراوزەی ڤۆڵتییەی کەناڵەکانی ئایۆن هەڵبەت بە ڤۆڵتییە هەستیارن، ئەوە ئەو شتەیە کەناڵەکان دەکاتەوە و دای دەخات. ڤۆڵتییە بریتییە لە پێوانی گۆڕانی بواری کارەبایی. بەڵام هەموو قەبارەی مێشک پڕە بە بواری کارۆموگناتیسیی تایبەت بە خۆی، کە بە هۆی چالاکیی کارەبایی کۆی هەستەدەمارەکانەوە دروست دەبێت. ئەم بوارە هەر ئەوەیە کە بە شێوەی ئاسایی بە هۆی تەکنەلۆجیای سکانکردنی چالاکیی مێشک وەک ئامێری تۆمارکردنی کارەبایی شریتی مێشک (electroencephalography) (EEg) یان ئامێری تۆمارکردنی موگناتیسی تۆمار دەکرێن (maneoencephalography)(MEG) بە کار دێت، تەنانەت سەیرکردنێکی هەرەوایی بۆ ئەو سکانانە پێت دەڵێت کە بوارێکی پڕ لە زانیاریی ئاڵۆزە. زۆرترینی هەستەدەمارناسەکان چاوپۆشی دەکەن لە ڕۆڵی توانای کارەبایی بواری کارۆموگناتیسیی EM کە لەوانەیە ڕۆڵیان هەبێت لە هەژماردکارییەکانی مێشکدا، چونکە وای دادەنێن ئەمە وەک هۆڕنی شەمەندەفەر بێت: بەرهەمێکی چالاکی دەماخ کە کاریگەریی لەسەر کارکردنی مێشک دانانێت. بە هەرحاڵ، چەندین

زانا، بە جانجۆیشەوە لەم دواییانەدا ئایدیایەکیان هێناوەتە ئاراوە کە ئاگایی لە تەنۆلکە وردەکانی مادی مێشکەوە دەگوازێتەوە بەرەو قوفڵبوونی بواری کارۆموگناتیسی کە دەکرێت توانایی چارەسەری پرسی لکان بکات و شوێنێک بۆ ئاگایی بکاتەوە[93].

بۆ تێگەیشتن لەوەی ئەمە لەوانەیە چۆن کار بکات، لەوانەیە پێویست بێت برێک زۆرتر سەبارەت بە بوار بڵێین. ئەم چەمکە لە وشەیەکی بەکارهێنراوی باوەوە وەرگیراوە: واتاکەی بریتییە لە شتێک کە لە فەزادا کشاوە، هاوشێوەی مەزرایەکی گەنمەشامی یان گۆڕەپانێکی تۆپی پێ. لە فیزیادا چەمکی بوار، هەمان واتای سەرەتایی هەیە. بەڵام بە شێوەی ئاسایی بۆ بوارەکانی وزە دەگەڕێتەوە کە توانای جووڵاندنی شتەکانی هەیە. بوارە کێشکردنییەکان هەر شتێک کە بارستایی هەبێت دەجووڵێنن و بوارەکانی موگناتیس بارگە کارەباییەکان یان تەنۆلکە موگناتیسییەکانی وەک ئایۆنەکانی ناو هەستەدەمار لە کەناڵەکانی ئایۆنی دەجووڵێنن. لە سەدەی ١٩دا جیمز کلارک ماکسوێل دۆزییەوە کە موگناتیس و کارەبا ٢ لایەنی دیاردەیەکن، بە ناوی کارۆموگناتیسم هەر بۆیە ئێمە ناوی هەردووکیان دەنێین بواری EM. هاوکێشەکەی ئاینشتاین بە ناوی $E=mc^2$، کە وزە لە لایەک و بارستایی لە لاکەی تر، بەناوبانگە بەوەی وزە و بارستایی دەکرێت بگۆڕێن بە یەکتری. هەر بۆیە وزەی بواری EMی مێشک - لای چەپی هاوکێشەکەی ئاینشتاین - ڕێک وەک ئەو مادەیەی کە نیرۆنەکان دروست دەکات، هەر بۆیە ئەمە لە

[93] McFadden, Quantum Evolution; J. McFadden, “Synchronous firing and its influence on the brain’s electromagnetic field: evidence for an electromagnetic theory of consciousness,” Journal of Consciousness Studies, vol. 9 (2002), pp. 23–50; S. Pockett, The Nature of Consciousness: A Hypothesis (Lincoln, NE: Writers Club Press, 2000); E. R. John, “A field theory of consciousness,” Consciousness and Cognition, vol. 10: 2 (2001), pp. 184–213; J. McFadden, “The CEMI field theory closing the loop,” Journal of Consciousness Studies, vol. 20: 1–2 (2013), pp. 153–68.

چـالاکبوونی نیرۆنەکـانەوە دێـت، ئەمە بە وردی هەمـان زانیـاریی بە کـۆد دەکـات کە شـێوازەکانی سـووربوونەوەی هەسـتەدەمارییەکانی مێشک دروستی دەکات. بە هەرحـاڵ، چونکە زانیـاریی هەسـتەدەماری لە نـاو ئەم نیـرۆنە بلیپیـانەدا بە حەپسـکراوی دەمێنێـتەوە، چـالاکییە کارەباییە دروستبووەکە بە هۆی بلیپەکـانەوە هەمـوو زانیارییەکـانی لە نـاو بـواری EMی مێشـکدا یەک دەخـات. ئەمە دەکرێـت لە بنچینـەوە کێشەی لکان چارەسەر بکات[٩٤].

بە کردنەوە و داخسـتنی کەناڵەکانی ئـایۆنیی دەروازەی ڤۆڵتییەیی، بواری EM جووت دەبێت بەو ئـایۆنە هاوبـارییە کوانتەمییـانەوە کە بە ناو کەناڵەکاندا گەشت دەکەن.

کاتێـک بـۆ یەکەم جـار تیۆرییەکـانی بـواری EM بـۆ ئاگـایی لە سەرەتای ئەم سەدەیەدا پێشکەش کرا، هیچ بەڵگەیەکی ڕاستەوخۆ کە پیشـانی بـدات بـواری EMی مێشـک دەکرێـت کـاریگەریی لەسـەر شێوازەکانی چالاکبوونی مێشک بۆ دروسـتکردنی بیرکـردنەوە هەبێت، لەئـارادا نەبوو. بە هەرحـاڵ، تـاقیکردنەوە ئەنجامـدراوەکان لە چەندین تاقیگە، کە لەم دواییانەدا ئەنجام دراون، دەڵێن کە بوارە دەرەکییەکـانی EM هاوشێوە لە توندی و ڕێسای ئەوانەی کە مێشک خۆی دروسـتی دەکـات، بە ڕاسـتی کـاریگەریی لەسـەر دەمـارە سـوورەوەبووەکان دادەنێن[٩٥].

لە ڕاسـتیدا وا دیـارە بـوارەکە چـالاکبوونی دەمـارەکە ئاڕاسـتە دەکـات: کـۆمەڵێکی زۆر دەمـار پـێکەوە هاوکـات سـوور دەکـاتەوە. دۆزیـنەوەی ئەو گومـانەی کە بـواری EMی مێشـک، کە لە لایەن

[94] McFadden, "The CEMI field theory gestalt information and the meaning of meaning."

[95] C. A. Anastassiou, R. Perin, H. Markram and C. Koch, "Ephaptic coupling of cortical neurons," *Nature Neuroscience*, vol. 14: 2 (2011), pp. 217–23; F. Frohlich and D. A. McCormick, "Endogenous electric fields may guide neocortical network activity," *Neuron*, vol. 67: 1 (2010), pp. 129–43.

دەمــارە چالاکبووەکــانەوە دروســت دەبێــت، کــاریگەریی لەســـەر چالاکبوونەوەی دەمار دادەنێت، کە جۆرێک سووڕی خۆمەرجع ئامادە دەکــات، کە زۆر لە تیۆریزانەکــان پێیــان وایە بەشــێکی بنەڕەتیــی ئاگاییە[٩٦].

هاوکـاتی چـالاکبوونەوەی دەمـارە ورووژاوەکـان بە هـۆی بـواری EMی مێشــکەوە لە ســیاقی مەتەڵــی ئاگاییــدا گرنگیــی زۆری هەیە، چــونکە ئەمە بــریتییە لە چەنــد لایەنێکــی چــالاکی هەســتەدەمار کە گرێدراوە بە ئاگاییەوە. بۆ نموونە، هەمووومان ئەو ئەزموونی دیاردەی گەڕان بۆ تەنێک کە لە بەرچاوماندایە، بۆ نموونە چاویلکەکەمـان کە لە ناو کۆمەڵێک شتی تردایە، زانیاریی بینـایی بەکۆدکراو لە تەنەکەوە بە ڕێگەی چاومان دەگات بە مێشکمان، بەڵام زۆر جار ئەو تەنەی بۆی دەگەڕێـین نـابینین: ئـێمە ئاگاییمــان ســەبارەت بەو نییە، بەڵام دواتـر دەبینـین. چـی شـتێک لە مێشـکماندا، لە نێوان جارەکـانی بینینـدا ڕوو دەدات، کە سـەرەتا لە نائاگاییداین و دواتـر لێی ئاگـادار دەبینەوە، بـۆ شــتێک کە لە هەمــان شــوێندا کە دەیبینــین؟ بە ڕوونــی دیــارە کە چـالاکبوونەوەی دەمـاری نابێت بگۆڕرێت: هەمـان دەمـاری چـالاکبوو کاتێـک چــاویلکەکە دەبیــنن یــان نــابینین. بەڵام کاتێـک چــاویلکەکە نادۆزینەوە، دەمارە سوورەوەبووەکان هاوکات نین و کاتێک دەیبینن، ئەوان بە هاوکات سوور دەبنەوە[٩٧].

بــواری EM هەمــوو ئەو کەنــاڵە ئــایۆنییە هاوبــارانە لە شــوێنە جیاوازەکــانی مێشــکەوە بەرەو لای یەک ڕادەکێشــێت بــۆ ئەوەی سوورەوەبوونەکان هاوکات بن، کە دەکرێت ڕۆڵ لەم گواستنەوەیە لە نێوان ئاگایی و نائاگاییدا ببینن.

---

[96] McFadden, "The CEMI field theory closing the loop.",

[97] W. Singer, "Consciousness and the structure of neuronal representations," Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, vol. 353: 1377 (1998), pp.1829–40.

ئـێمە دەبێـت جەخـت بکەیـنەوە کە پشتبەسـتن بە ئایـدیای وەک بوارەکانی EM، یان لە ڕاستیدا هاوباریی کوانتەمیی کەناڵەکانی ئایۆن بە مەبەسـتی ڕوونکردنەوەی ئاگایی، بە هـیچ ڕێگەیەک پشـتگیری بـۆ دیـاردە نائاسـاییەکانی (paranormal phenomena) وەک تلەپاتی (telepathy) دروسـت ناکـات، چـونکە هەر ٢ چەمـکەکە تەنهـا بـۆ کـاریگەرییە هەسـتەدەمارییەکانی نـاو مێشـکێک بە کـار دێـن- بـۆ پەیوەندیی نێوان ٢ مێشکی جیاواز ڕێگەپێدراو نین! وەک چۆن کاتێک ئـارگیومێنتی گـۆدێلی پینرۆزمـان بـاس دەکـرد، ئاماژمـان پـێ دا، لە ڕاستیدا هیچ بەڵگەیەک لە بەردەستدا نییە کە میکانیکیی کوانتەمی بە ڕاسـتی پێویسـتە بـۆ ئاگـایی لەبەرچـاو بگیررێـت- ناهاوشـێوە لەگەڵ دیـاردە زیندەناسـییەکانی تـر کە ئێمە لەم کتێبەدا باسـمان کـرد، وەک کــرداری ئەنزیمەکــان یــان ڕۆشــنەپێکهاتن. بەڵام ئایــا ئەو لایەنە سـەیرانەی میکـانیکیی کـوانتەمی کە لە زۆر دیـاردەی بنچینەیـی ژیـان دۆزیومــانەتەوە، بەدەرە لە نهێنــاویترین بەرهەمەکەی، واتە ئاگــاییە؟ ئـێمە ئەمە بـۆ خـوێنەر بەجـێ دەهێڵـین. ئەو ڕێـگەیەی سـەرەوە، کە هەردووی هاوباریی کوانتەمیی کەنـاڵە ئایۆنییەکـان و بوارەکـانی EM لە خۆ دەگرێت، بە دڵنیاییەوە گومانە، بەڵام ئەگەری بوونی بەستەرێک لە نێوان جیهانی کوانتەم و کلاسیک لە مێشکدا دەخاتە بەردەست.

لەگەڵ ئەمـانەی کە لە زیهنمانـدایە بـا بگەڕێیـنەوە بـۆ ئەشـکەوتە تـاریکەکەی باشـووری فەڕەنسـا بە مەبەسـتی تەواوکردنـی زنجیـرەی ڕووداوەکان لە مێشکەوە بۆ دەست، وەک چۆن هونەرمەندەکەی ئێمە بە ویقارەوە لە بەردەم دیوارەکەدا وەستاوە، پێش ئەوەی دیـوارەکە بە بڵێسەی مەشعەلەکە ڕوون ببێتەوە و هـێڵە خۆڵەمێشـییەکانی ببینرێت. هەندێک یاریی ڕووناکی و بەرد وێنەی گامێشێک دەهێنێتە نـاو زیهنـی بەئاگـاوە. ئەمە بەسـە بـۆ دروسـتکردنی ئایـدیایەک لە نێـو سـەریدا، لەوانەیە بۆ نموونە وەک لەرینەوەی بـواری EMی مێشـکی خـۆی کە کەنــاڵی هێشــووە ئــایۆنە هاوبارەکــان لە ژمــارەیەکی زۆر نیــرۆن

دەکـاتەوە و دەبێـت بە هـۆی ئەوەی هاوکـات سـوور ببنەوە. سـیگناڵە هاوکاتەکـانی هەسـتەدەمار توانـا شـارەوەکانی کـردار لە نـاو مێشـک دەخـاتە کـار و بە ڕێـگەی پەیوەنـدییەکانی سـیناپتیک، زنجیـرەیەک سیگناڵ ئامادە دەکات کە بە ڕێگەی دڕکەپەتک دەچنە خوارەوە و بە ڕێگەی پەیوەندییە دەمار - دەمارییەکان بە مۆتۆڕەکانی دەمـارەوە کە بـوخچەیەک لە گـوازرەوە هەسـتەدەمارییەکان بـۆ نـاو بەسـتەرەکانی دەمارەماســـولکەیی بەتـــاڵ دەکـــاتەوە، کە بەســـتراونەتەوە بە ماسـولکەکانی قـوڵیەوە. ئەم ماسـولکانە چـڕ دەبـنەوە بـۆ کێشـانی جووڵەیەکی ئاڕاستەکراوی دەست بە پانتایی دیواری ئەشکەوتەکە و هێڵێکـی خەڵـوزین لە شـێوەی گامێشـێکی کێـوی بەجـێ دەمێنێـت. لەوانەیە گرنگتـرین شـت بریتـی بێـت لەوەی کە ئەو دەزانێـت ئەم کـردارەی بە هـۆی ئەوەوە کـردووە کە ئایـدیایەک لە زیهنـی ئاگایـدا هەبووە. ئەو زۆمبی نییە.

٣٠،٠٠٠ ساڵ دواتر، ژان - ماری شاڤێت ڕووناکیی لایتێکی خستە سەر دیواری هەمان ئەشکەوت و ئایدیای مێشکی ئەو هونەرمەندەی کە لەمێژە مـردووە، جـارێکی تـر لە نـاو نیرۆنەکـانی زیهنـی ئاگـایی مرۆڤدا دەبریسکێتەوە.

٩

چۆنێتیی دەستپێکی ژیان

"ئەگەر (بەڵام چی ئەگەرێکی گەورە) بکرێت وێنای دروستکردنی هەندێک حەوزی بچووکی گەرم بکەین، بە هەموو جۆرەکانی ئامۆنیا و خوێ فسفۆرییەکانەوە، ڕووناکی، گەرما، کارەبا و تا دوایی، ئەگەر هەیە ئاوێتەیەکی پڕۆتینیی بە شێوەی کیمیایی دروست ببێت کە ئامادەیە بگۆڕرێت بۆ شتی ئاڵۆزتر..."

چارلز داروین، نامە بۆ جوزێف هۆوکەر، ١٨٧١

گرینلاند (سەرزەمینی سەوز) بە گشتی سەوز نییە. سەردەمێک لە دەوروبەری ٩٨٢ی زایینی، ڤایکینگێکی دانیمارکی بە ناوی ئەریکە سوور، کە تۆمەتبار کرابوو بە تاوانی کوشتن لە ئایسلاند بە گەمی ڕای کرد و دوورگەکەی دۆزییەوە. ئەو یەکەم کەس نەبوو: چەندین جاری تر خەڵکی سەردەمی بەردین، لە خۆرهەڵاتی کەنەداوە لە ساڵانی ٢٥٠٠ی پێش زاین پێی گەیشتبوون. بەڵام گرینلاند ناوەندێکی سەخت و دڕە و ئەو کولتوورە سەرەتاییانەی سڕییەوە و تەنها هەندێک ڕێچکەیان لە دوا بەجێ ما. ئەریک هیودار بوو چارەنووسی باشتر بێت، گەیشتنی ئەو لە ماوەی بەناوبانگی خولی گەرمی سەدەکانی ناوەڕاستدا بوو، کە بارودۆخ زۆر خۆشتر بوو؛ بۆیە ئەو

ئەم نـــاوەی ئێســـتای لەســـەر دانـــا، بـــۆ ئەوەی متمـــانە بـــدات بە هاووڵاتییەکانی بەرەو لەوەڕگە سەرسـەوزەکان بێن. فێڵەکەی بە باشـی کاری کرد، چونکە کۆمەڵەیەکی چەند هەزار کەسی بە زوویی دروست بوو، لانیکەم بە شێوەی سـەرەتایی وا دیار بوو هەموو شتێک باشـە. بەڵام لەگەڵ کۆتایی سـەردەمی گەرم، گرینلانـد گەڕایەوە بۆ بارودۆخی کەشوهەوای جەمسەری باکوور و کڵاوی بەفرینی ناوەندی لە ٨٠%ی زەویی سەرەکیی دوورگەکەی داگیر کرد. لەگەڵ هەڵکشانی توندبوونی کەشوهەوا، دانیشتوانی دوورگەکە هەوڵیان دا سیسـتەمی سکاندیناڤایی کشتوکاڵ لە خاکە نزمەکاندا بە درێژیی کەنارەکان بپارێزن و بەرهەمی کشتوکاڵی و ئاژەڵی دادەبەزێت بۆ ئاستێکی نزم.

هاوکات لەگەڵ لاوازبوونی کۆمەڵگەی ڤایکینگ شـەپۆلێکی تری کۆچ، ئینویـت (ئیسـکیمۆکان) (Inuit)، ژینگەیەکیـان لە بـاکووری دوورگەکە دروسـت کـرد، کە بە تەکنەلۆژیـای سـەرەتایی ماسـیگرتن و ڕاوکـردن خۆیـان لەگەڵ بـارودۆخی نـاوچەکەدا دەگونجـان. ڤایکینگەکـان ئەگەر ستراتیژیی ئینویتەکانیان بە کار هێنابا، دەیانتوانی بمێننەوە، بەڵام تەنها تۆمارێـک کە لە پەیوەنـدیی نێـوان هەر ٢ گەلەکە لە یەکێـک لە کـۆچبەرە ڤایکینگەکانەوە بەرچاو کەوتووە، بریتییە لەوەی کاتێک چەقۆ دەدەی لە ئینویـت خـوێنی زۆری لـێ دێـت- کە لەوە ناچێت بە ڕاسـتی بەڵگە بێت لەســەر ئەوەی ویســتبێتیان لە دراوســێ باکوورییەکەیـان فێـر بـبن. لە ئەنجامدا لە کۆتـایی سـەدەی ١٥دا کۆلۆنییە ڤایکینگییەکـان ڕووخـان و بە ڕوونی هەندێک لە دانیشتوان مرۆڤخۆر بوون.

بە هەرحـاڵ، دانیمارکییەکـان هەرگیـز دراوسـێ ڕۆژئـاواییەکەی خۆیان فەرامۆش نەکردبوو، لە سـەرەتای سـەدەی ١٨ وەفدێک نێررا بـۆ ئەوەی پەیوەنـدی لەگەڵ کۆچبەرەکانـدا گـرێ بـدرێتەوە. ئەوان خـانوو و بـاخە بەڕەلاکراوەکانیـان دۆزیـیەوە، سـەردانەکە دەبێـت بە هۆی دروستبوونی کۆلۆنیی سەرکەوتووی زیاتر، کە هاوشـانی ئینـویتە خۆجێیەکـان سـەرئەنجام بـوون بە دەوڵەتـی نـوێی گرینلانـد. ئـابووریی

گرینلانـد لە ئەمـڕۆدا لەسـەر بنچینـەی ئینویتەکـان دامەزراوە، کە بەنـدە لەسەر ماسیگرتن، بەڵام دەوڵەمەندی گرینلاند لە کان و کانزادا بەرە بەرە گرنگیی پێ دراوە. لە ساڵانی ١٩٦٠دا، پشکنەرێکی جیۆلۆجیی دانیمارکی بۆ پشکنینی گرینلاند لاوێکی زەویناسی لەدایکبووی نیوزلاندی بە کرێ گرت، بە نـاوی ڤایس مکگریگۆر (Vic McGregor) بۆ ئەوەی لە لێکۆڵینەوەی جیۆلـۆجی لەسـەر گۆشـەی باشـووری خۆرئـاوای دوورگەکە نزیـک پایتەختەکەی، واتە گادسـای (ئێستا نـاوەکەی گۆڕراوە بە نـووک (Nuuk)) بە کـاری بهێنێـت. مکگریگـۆر چەنـدین سـاڵ بە گەمییەکـی بچـووکی سەربەتاڵ، بە ناو ناوچەکان کە ئاو دڕیبووی، گەشتی دەکرد، کە بە ڕادەی پێویست گەورە بوو، ٢ کرێکاری لۆکاڵی و جار بە جاریش میوانی هەبوو. نـاو شـتەکانی پڕ بـوو لە ئامێرەکانی ڕاو و ماسـیگرتن، هاوشـێوەی ئەوەی خەڵکی کۆڵۆنییەکانی ئینیوت هەیانبوو- هەروەها ئـامرازی جیۆلـۆجییش. بە بەکارهێنانی تەکنیکەکانی چینزانی (stratigraphy) گەیشت بەو ئەنجامەی کە بەردەکـانی نـاوچەکە لە ١٠ تـوێی پشتەسـەریەک جێگیـر بـوون، کە کۆنترین و قـووڵترین و لەوانەیە بە ڕاسـتی لە کۆنترینەکـان بـن- تەمەنیـان زیاتر لە ٣ میلیارد ساڵ خەملاوە.



وێنەی ٩:١

نەخشەی گرینلاند، شوێنی ئایسوا (Isua) پیشان دەدات.

له سـەرەتای ساڵانی ١٩٧٠دا، مەکگریگۆر نموونەیەک لەم بەردە دێرینەی بۆ تاقیگەی ستیفن مۆورباس، لە ئۆکسفۆرد نارد، زانایەک بە هۆی پێوانی ڕادیۆیی بۆ دیاریکردنی سەردەمی بەردەکان، بەناوبانگ بوو. میتۆدەکە بەندە لەسەر ڕێژەی ئایزۆتۆپە تیشکدەرەکان و بەرهەمەکانی هەڵوەشانەوەیان. بۆ نموونە یورانیۆمی ٢٣٨ بە نیوەتەمەنی ٤,٥ ملیارد ساڵ هەڵدەوەشێت (بە ڕێگەی زنجیرەیەک لە نیوکلیتاید، سەرئەنجام دەبێت بە ئایزۆتۆپێکی پایەداری قورقوشم)؛ هەر بۆیە ئەگەر تەمەنی زەوی ٤ ملیارد ساڵ بێت، چڕبوونەوەی یورانیۆمە سروشتییەکان لە ناو بەردەکە کە هەموو تەمەنی زەویی پێویست دەبێت بۆ ئەوەی ببێت بە نیوە. بە پێوانی ڕێژەی ئەم ئایزۆتۆپانە لە هەر نموونەیەکی بەردەکاندا، زانایان دەتوانن دیاریی بکەن چەندێک ئەم بەردانە لە ژێرەوە ماونەتەوە؛ ئەمە ئەو تەکنیکە بوو کە ستیفن مۆورباس لە ١٩٧٠دا بۆ شیکاری نموونەیەک لە جۆرێک بەرد بە ناوی جنیسیس، کە مەگریگۆر لە ناوچەی کەناری باشووری خۆرئاوا بە ناوی ئامیتسۆق بە کاری هێنا. شتێکی سەرنجڕاکێش ئەوەیە، کە ئەو دۆزییەوە جینس هەڵگری ڕێژەیەکی قورقشمە کە زۆرترە لە هەر خۆڵ یان بەردێک پێشتر باسی لەسەر کراوە. دۆزینەوەی ئاستێکی بەرزی قورقشم واتای ئەوەیە بەردە نیسەکەی ئامیتسۆق وەک مەکگریگۆر بۆی چووبوو "بە ڕاستی زۆر کۆنە"، لانیکەم ٣,٧ ملیارد ساڵ تەمەنیەتی، زۆر کۆنتر لە هەر بەردێک پێشتر لەسەر زەوی دۆزراوەتەوە.



وێنەی ٩:٢

قوڕێکی نوێی بورکانی لە ترینیداد. ئایا دەکرێت یەکەمین ژیان لەسەر زەوی لە قوڕێکی بورکانی هاوشێوەوە، کە لەسەر بەردە سەوزەکانی ئیسوا بەجێ ماوە، هەڵتوقیبێت؟

فۆتۆ: مایکل ڕیگل

سەرچاوە: ویکیمیدیا

مۆورباس زۆر کەوتە ژێر کاریگەریی دۆزینەوەکە و پەیوەست بوو بە مەکگریگۆرەوە و چەندین جار گەشتی کرد بۆ گرینلاند. لە ساڵی ١٩٧١دا دوان لەوان بڕیاریان دا سەردانی ناوچەی دوور و پشکنین بۆ نەکراوی ئیسوا بکەن، کە دەکەوێتە سەر لێواری پلێتی ناوەوەی سەهۆڵەکە (سەیری وێنەی ٩:١ بکەن). ئەوان سەرەتا ناچار بوون بە گەمییە بچووکەکەی مەکگریگور تا چاڵە سەهۆڵی گادهاب فجۆرد (Godthaab Fjord) کە ڤایکینگە کۆچبەرەکان لە سەدەکانی ناوەڕاستدا لێی دەژیان، بچن. لە دواییدا ئەوان بە کۆپەتەرێکی کۆمپانیایەکی خۆجێیی کە ئەوانیش بە هۆی ئەوەی چونکە پشکنینی

موگناتیسـیی ئاسـمانی دەری خسـتبوو نـاوچەکە زۆر دەوڵەمەنـدە بە ئاسـن، گرنگییـان بە نـاوچەکە دەدا. زاناکـان دۆزییـانەوە لە نـاو بەردە سەوزە محەلییەکانی ئیسوا ژمارەیەکی زۆر بارستایی شێوە سەرین لە بەرد هەیە کە ناسـراون بە سـەرینەکانی بـازاڵتی بورکـانی و بەردە لەمارچووەکان کە بە هۆی قوڕ و گازە دەرچووەکانەوە دروست بووە و ڕاسـتەوخۆ ڕژاوەتە نـاو ئـاوی دەریـاوە: کە ناسـراوە بە قـوڕی بورکانی. ئەم بەردانە تەمەنیان دەگەڕێتەوە بۆ لانیکەم ٣,٧ ملیارد ساڵ لەوەوپـێش. دۆزینـەوەکە بە ڕوونـی شـرۆڤەی دەکـرد کە زەوی دوای فۆرمگرتنیشـی، زەریـای ئـاوی گەرمـی هەبـووە، بە لیتەی بورکـانییەوە (وێـنەی ٢:٩) کە بڵـق لە دەرچە هایـدرۆگەرماییەکانی بنـی دەریـای سـەهۆڵەوە دەهـاتە دەرەوە (وا بیـر دەکـرێتەوە زەوی لە پاشـماوەکانی کۆمەڵەی خۆر لە نزیکەی ٤,٥ ملیـارد سـاڵ لەوەوپـێش دروسـت بـووە، بەڵام پێستە ڕەقەکەی نیو ملیارد ساڵ دواتر فۆرمی وەرگرت).

بە هەرحـاڵ، سەرسـووڕمانی ڕاسـتەقینە کاتێـک هـاتە ئـاراوە، کە مینیـک ڕۆزینـگ (Minik Rosing)، توێژەرێـک لە مۆزەخـانەی جیۆلـۆجی لە کۆپنهـاگن ڕێـژەی ئایزۆتۆپەکـانی کـاربۆنی لە بەردە سـەوزەکانی ئایسـوا پێـوا. بەردەکـان هەڵگـری بە نزیکەیـی ٠,٤% کـاربۆن بـوو کاتێـک ڕێـژەی ٢ ئـایزۆتۆپەکەی 13C و 12C پێـورا، بینـرا ڕێـژەی 13C لە نـاو بەردەکانـدا زۆر کەمتـر بـوو لەوەی چـاوەڕوان دەکـرا. سـەرچاوەی نائەنـدامییەکانی کـاربۆن، وەک دوانەئۆکسایدی کاربۆنی بەرگەهەوا نزیکەی ١%ی لە کاربۆنی 13C پێـک هـاتووە، بەڵام ڕۆشـنەپێکهاتن زۆرتـر ئـایزۆتۆپی 12C لە نـاو ڕووەک و بارسـتاییە زینـدووە میکرۆبییەکـان بە کـار دەهێنێـت، هەر بۆیە بە گشتی ئاستێکی نزمیی13C لە مـادە زیندووەکاندا لەئـارادایە. ئەم ئەنجامـانە پێشـنیاز دەکـات کە لە نـاو ئـاوە گەرمەکانـدا کە قـوڕە بورکانییەکانی ئیسـوای ٣,٧ ملیـارد سـاڵ لەوەوپێشـی لە خۆ گرتبوو، هەنـدێک زینـدەوەر دەژیـان کە هاوشـێوەی ڕووەکەکـانی ئەمـڕۆ

کاربۆنیان لە دوانەئۆکسایدی کاربۆن وەردەگرت، جا لە بەرگەهەواوە یان لەوانەی کە لە ناو ئاودا بوون و بە کاریان دەهێنا بۆ بونیادنانی پێکهاتە کاربۆنییەکان، کە خانەی لێ دروست بووە.

تیۆریی بەردەکانی ئیسوا بە گەنگەشاوی ماونەتەوە و زۆر لە زانایان ئاسوودە نین لەوەی کە ئاستە نزمە دۆزراوەکەی 13C ئەوە بگەیەنێت بوونەوەری زیندوو لە سەرەتاوە هەبوویێت. یەکێک لە گومانەکان دەگەڕێتەوە بۆ ئەو ڕاستییەی کە ٣,٨ ملیارد ساڵ لەوەوپێش زەوی لە ژێر ئەو بۆمباردمانانە بوون کە ناسراوە بە دواین بۆمباردمانی قورس (Late Heavy Bombardment) و بە بەردەوامی هەسارۆکە و کلکداری لێ دەکەوت کە وزەی پێویستی بۆ هەر بەهەڵمبوونێکی ڕووبەری ئاو هەبوو، کە لە بنەڕەتدا زەریاکانیان دەکرد بە شێوەی نەشیاو بۆ ژیان و نەزۆکیان دەکردن. دۆزینەوەی بەبەردبووەکانی وەها زیندەوەرگەلێک هەڵبەت پشتگیریی بیرۆکەکە دەکات، بەڵام بەردەکانی ئیسوا بە تێپەڕینی چەندین ملیارد ساڵ بە جۆرێک تێک شکاون وەها بەبەردبووگەلێک ناسینەوەیان زەحمەت دەبێت. ئێمە ناچارین لانیکەم چەند سەد ملیۆن ساڵ باز بدەین بەرەو پێشەوە بۆ پێش سەلماندنی بوونی ژیان، بۆ سەردەمێک بە ڕوونی لە فۆرمی بەبەردبووە کۆنە میکرۆبییەکان دۆزراونەتەوە.

سەرەڕای نەبوونی بەڵگەی دڵنیاکەر زۆر کەس بڕوایان وایە کە داتا ئایزۆتۆپییەکانی ئاسیوا یەکەمین نیشانەکانی ژیان لەسەر زەوی دەخاتە بەردەست؛ قوڕە بورکانییەکانی ئاسیوا بە ئاوە ئالکالییە گەرمەکانیەوە کە لە کونە گەرمەکانەوە دێنە دەرەوە، ناوەندێکی ئایدیاڵە بۆ دەرکەوتنی ژیان. ئەوان پڕن لە شیکاری کاربۆناتی نائەندامی، بەردە شێوە مارییە دەرکەوتووەکان، زۆر کونن، کە هەڵگری چەندین ملیارد کونی وردن، هەر کام لەوان دەکرێت ناوەندێکی بچووک بن بە توانای چڕکردنەوە و هاوسەنگکردنی بڕێکی زۆر پێکهاتەی ئۆرگانیک. لەوانەیە سەرەتا ژیان بە ڕاستی لە قوڕەکانی گرینلاند سەوز بووبێت. پرسیارەکە ئەوەیە: چۆن؟

کێشەی چلکەکە (gunk) چییە؟

۳ لە گرنگترین نهێنییەکانی زانست بە گشتی وا دادەنرێت بریتی بێت لە سەرچاوەی گەردوون، سەرچاوەی ژیان و سەرچاوەی ئاگایی. بە باشی دەزانین میکانیکیی کوانتەمی یەکەم لە خۆ دەگرێت، هەروەها پێشتریش باسمان لەسەر پەیوەندیی بە سێیەمەوە کردووە؛ وەک بە زوویی تێدەگەین لەوانەیە لەسەر یارمەتیدانی بۆ سێیەمیش حیسابی لەسەر بکرێت. بەڵام دەبێت سەرەتا تاقیی بکەینەوە ئایا لێکدانەوە ناکوانتەمییەکان توانای ئەوەیان هەیە بە تەواوەتی بۆ سەرچاوەی ژیان حیسابی لەسەر بکرێت.

زانایان، فەیلەسووفەکان و پیاوانی ئایین کە سەدان ساڵە بە سەرچاوەی گەردوون سەرسامن، ژمارەیەکی زۆر تیۆرییان بۆ شرۆڤەکردنی پێشکەش کردووە، لە خەڵقی خوداییەوە بیگرە تا هاتنی تۆوی ژیان بۆ هەسارەکان لە فەزاوە و لە چوارچێوەی تیۆریی پانسپیریمادا (panspermia theory). نزیکبوونەویەکی وردی زانستیتر لە سەدەی ۱۹دا لە لایەن زانایانی وەک چارلز داروینەوە هاتە کایەوە کە پرۆسە کیمیاییەکان لە هەندێک حەوزی بچووکی گەرمەوە لەوانەیە خەڵقی مادەی زیندووی لێ کەوتبێتەوە. یەکەم تیۆریی فەرمیی زانستی لەسەر ئەم گریمانەیەی داروین لە لایەن ۲ کەسەوە بە سەربەخۆیی پێشکەش کرا، ڕووسییەک بە ناوی ئەلیکساندەر ئۆپارین (Alexander Oparin) و ئینگلیزییەک بە ناوی هالدان (J. B. S. Haldane,)، لە سەرەتای سەدەی ۲۰ و ئێستا بە گشتی بە ناوی گریمانەی ئۆپارین - هالدان ناسراوە. هەردووکیان پێشنیازیان کرد بەرگەهەوای زەویی سەرەتایی تەژی بێت لە هایدرۆجین، میسان و هەڵمی ئاو کە کاتێک هەورەبروسکە، تیشکی خۆر یان گەرمای بورکانی لێ دەکەوێت، یەک دەگرن بۆ ئەوەی ئاوێتە سادە ئەندامییەکان دروست بکەن. ئەوان پێشنیازیان کرد ئەم ئاوێتانە لە زەریا سەرەتاییەکاندا کۆ دەبوونەوە بۆ دروستکردنی

تێکەڵەیەک لە شلەی ئەندامی گەرم کە بۆ میلیۆنەها ساڵ لە ناو ئاودا بوو، لەوانەیە لە دەورەبەری قورە بورکانییەکەی ئیسیوا، هەندێک چانس هەبووبێت بۆ ئەوەی پێکهاتەکانی سەرئەنجام مۆڵکیولێکی نوێ بەرهەم بهێنن. مۆڵکیولێک بە سیفەتێکی سەرسوورهێنەر: بەو توانایەوە بتوانیت خۆی دووپات بکاتەوە.

هالدان و ئۆپارین وایان دانا کە دەرکەوتنی ئەم خۆدووپاتکەرەوە سەرەتاییە ڕووداوێکی سەرەکی بووە کە گەیشتووە بە سەرچاوەی ژیان بەو شێوەیەی ئێمە دەیناسین. سەرکەوتنەکانی دواتر دەکەوێتە چوارچێوەی هەڵبژاردنی سروشتیی داروینییەوە. تەنانەت لە بوونێکی زۆر سادەدا، دووپاتکەرەوە ژمارەیەکی زۆر هەڵە یان بازدان لە خۆدووپاتکردنەوەدا دروست دەکات. ئەم دووپاتکەرەوە بازدراوانە لەگەڵ فۆرمە بازنەدراوەکاندا لە پێشبڕکێدا دەبن بۆ دەسکەوتنی مادەی کیمیایی تا دووپاتکەرەوەی زیاتر بونیاد بنرێت. ئەوانەی زۆر سەرکەوتووترن ژمارەیەکی گەورەتر نەوە دەخەنەوە و پرۆسەیەکی مۆڵکیولی هەڵبژاردنی سروشتیی داروینی ژمارەیەکی زۆر خۆدووپاتکەرەوە بەرەو چوستی و ئاڵۆزیی زیاتر پاڵ پێوە دەنێت. دووپاتکەرەوەکان کە مۆڵکیولی پارمەتیدەری زیادە وەردەگرن، وەک پاپپتایدەکان، کە بە شێوەی ئەنزیمی دووپاتبوونەوەکان خێراتر دەکاتەوە و دەگەن بە ئەنجامێک و هەندێک لەوان لەوانەیە بە شێوەی دڵۆپێک (vesicle) دابخرێن (توورەکەی پڕ لە شلە یان هەوا) کە بە پەردەیەکی زریی دەپارێزرێت، هەروەک چۆن لە ئەمڕۆدا خانە زیندووەکان لە دەستدرێژیی ناوەندی دەرەوە دەپارێزن. لەگەڵ داخرانیدا، خانەکەی ناوەوە توانای پشتیوانیکردن لە گۆڕینی بایۆکیمیایی هەیە – زیندەچالاکییەکەی - بۆ دروستکردنی مۆڵکیولی ئەندامی تایبەت بە خۆی و هێشتنەوەی لە ناوەوە. بە بوونی توانایی بۆ هێشتنەوە و پارێزگاری لە دۆخی ناوەوەیی کە جیای دەکاتەوە لە ناوەندەکەی، یەکەم خانەی زیندوو هاتە ئاراوە.

گریمـانەی ئۆپـارین - هالـدان چوارچێـوەیەکی زانسـتی دەخـاتە بەردەسـت، کە لە ناویـدا دەکرێـت تێبگەین چـۆن ژیـان لەسـەر زەوی هاتە ئاراوە. بۆ دەیان ساڵ تیۆرییەکە هەڵسەنگاندنی بۆ نەکرابوو تا ٢ کیمیایی ئەمەریکایی حەزیان لە بابەتەکە کرد.

. لە سـالانی ١٩٥٠دا، هارۆلـد یـوری، زانـایەکی بەرجەسـتە بەڵام گەنگەشەخولقێن بوو. ئەو لە ساڵی ١٩٣٤دا خەڵاتی نۆبێڵی کیمیـای بـۆ دۆزیـنەوەی دوتریـۆم بردبـووەوە، ئەو ئـایزۆتۆپەی هایـدرۆجین کە لەوانەیە لە بەشـی ٣وە لە بیـرت بێـت، بـۆ لێکـۆڵینەوە لە کـاریگەریی جووڵەی ئـایزۆتۆپی لە ئانزیمەکـان بە کـار هـات و بەم ڕێگەیە ڕوون دەبووەوە کە ئایا چالاکییەکە هەڵگری تونێللێدانی کوانتەمییە یـان نـا. توانـاییەکەی لە پـالاوتنی ئایزۆتۆپەکـان بـوو بە هـۆی ئەوەی لە سـاڵی ١٩٤١دا وەک سـەرۆکی پیتانـدنی یورانیـۆم لە پـرۆژەی مـانهەتەن بە مەبەسـەتی پەرەپێـدانی بـۆمبی ئەتـۆمی دابمەزرێـت. بە هەرحـاڵ، بە ئامانجەکانی پرۆژەی مەنهەتن و ئەو نهێنیکارییەی کـاری تێدا دەکـرد، زۆر دڵتەنگ بوو، دواتر هەوڵـی دا سـەرۆکی ویـلایەتە یەکگرتووەکـانی ئەمەریکا، هاری ترۆمن لە بەردانەوەی بۆمب بەسەر ژاپۆندا پەشـیمان بکـاتەوە. دوای بەربـوونەوەی بۆمـب بەسـەر هیرۆشـیما و ناکازاکیـدا یوری وتاریکی بۆ هەموان بۆ گۆڤاری کۆلیر (Collier) نووسـیی و بە ناونیشـانی مـن پیـاوێکی تۆقیـوم، بـڵاو کـرایەوە، کە هۆشـداریی دەدا سـەبارەت بە مەترسـییەکانی چەکە ئەتۆمییەکـان. لە پۆستەکەشـی لە زانکۆی شـیکاگۆ، ئەو چالاکـانە دژایەتیـی پـرۆژە دژەکۆمۆنیسـتییەکەی مەککارتی لە سـالانی ١٩٥٠دا دەکـرد، بە نـاوی ڕاوکردنـی سیحرباز و چەندین نامەی بۆ سەرۆک تروومەن نووسی، بۆ پشتگیریی جولیـوس و ئیسـیل ڕۆزنبێـرگ، کە بە تـۆمەتی جاسووسـی دادگـایی کـران و سەرئەنجام بە هۆی گواستنەوەی نهێنیی بـۆمبی ئەتـۆمی بـۆ سـۆڤێت، سزای مەرگیان بەسەردا سەپێنرا.

ستانلی میلەر (Stanley Miller) کیمیاییەکی ئەمەریکایی تر، کە خۆی خەریکی گریمانەکانی ئوپارین - هالدان کردبوو، وەک خوێندکاری دکتۆرا لە ساڵی ١٩٥١دا چوو بۆ زانکۆی شیکاگۆ، کە لە سەرەتادا کاری لەسەر پرسی شیکاریی ناوکی توخمەکان، لەژێر چاودێریی ئەو کەسەی کە بە باوکی بۆمبی هایدرۆجینی، ئیدوارد تیلەر (Edward Teller) لە ناو ئەستێرەکاندا دەکرد. ژیانی میلەر کاتێک لە ئۆکتۆبەری ١٩٥١دا گوێی لە وتارێکی هارۆلد یوری لەسەر سەرچاوەی ژیان گرتبوو، گۆڕرا، کە لەودا یوری گەنگەشەی لەسەر توانایی سیناریۆی ئۆپراین - هالدان دەکرد و پێشنیازی کرد کە کەسێک دەبێت تاقیکردنەوەکان ئەنجام بدات. میلەر بوو بە شەیدای ئەوەی لە تاقیگەی تیلەرەوە بگوازرێتەوە بۆ تاقیگەی یوری و هەوڵی دا یوری ڕازی بکات کە ببێت بە خوێندکاری ئەو، تا ئەو هەلەی هەبێت تاقیکردنەوەکان ئەنجام بدات. یوری سەرەتا گومانی هەبوو لەوەی پلانەکانی ئەم خوێندکارە شەیدایەی تیۆریی ئۆپارین - هالدان تاقی بکاتەوە: ئەو بەراوردی دەکرد لەوانەیە ملیۆنەها ساڵی بوێت تا کارلێکی مادە کیمیاییە نائەندامییەکان ژمارەیەکی پێویست مۆلکیولی ئەندامی دروست بکەن تا بکرێت هەستی پێ بکرێت، لە کاتێکدا میلەر تەنها ٣ ساڵی کات هەبوو تا دکتۆراکەی تەواو بکات، سەرەڕای ئەوە ٦ مانگ بۆ ساڵێکی پێویست بوو تا فەزا و سەرچاوەی پێویست ئامادە بکات. ئەگەر تاقیکردنەوەکە لە هیچ شوێنێکی تر ئەنجام نەبووبێت، میلەر کاتی هەبوو توێژینەوەکەی بە سەلامەتی ئەنجام بدات.

لە هەوڵەکەیدا بۆ دووبارەکردنەوەی بارودۆخێک کە لەودا سەرەتای ژیان لەسەر زەوی دەردەکەوت، میلەر هاوشێوەی بەرگەهەوای سەرەتایی بە بوتڵێکی سادەی پڕ لە ئاو، بۆ پیشاندانی زەریا، کە سەرەوەی هەندێک گازی تێدا بوو، کە وای دانابوو لە بەرگەهەوادا هەبوون: میسان، هایدرۆجین، ئامۆنیا و هەڵمی ئاو. پاشان لاسایی هەورەبروسکەی بە چەخماخەی کارەبایی کردەوە. بە سەرسوڕمانی میلەر و جیهانی زانستییەوە، تەنها ١ هەفتە دوای

چەخماخەلێدان بەرگەهەوای سەرەتایی دۆزییەوە کە بوتڵەکە هەڵگری بڕێکی بەرچاو ترشی ئامینۆیە، واتە خشتی دروستکەری پرۆتینەکان. وتاری زانستیی ئەم تاقیکردنەوەیە لە ساڵی ١٩٥٣دا لە جۆرناڵی سایەنسدا بڵاو بووەوە، کە میلەر تەنها نووسەری بوو، هارۆلد یوری بە جەختکردنەوە لەوەی کە خوێندکاری دکتۆراکەی هەموو شانازیی دۆزینەوەکەی بەردەکەوێت، هەڵوێستێکی زۆر نائاسایی وەرگرت[٩٨].

تاقیکردنەوەکەی میلەر - یوری - بەو شێوەیەی ئێستا ناسراوە سەرەڕای هەڵوێستە متەوازعانەکەی یوری- هەنگاوێکی گەورە بوو لە دروستکردنی ژیان لە تاقیگەدا و وەک کارێکی گەورە لە زیندەناسیدا مایەوە. هەرچەندە هیچ مۆڵکیولێکی خۆدووپاتکەرەوە دروست نەبوو، بە گشتی بڕوا وابوو کە شلە سەرەتاییەکەی ترشەکانی ئامینۆی میلەر، بۆ ئەوەی پیپتایدەکان و پرۆتینە ئاڵۆزەکان دروست بکەن بە پۆلیمەر دەبن، ئەگەر کاتی پێویست و زەریایەک بە ڕادەی پێویست گەورەی پێ بدرێت، دەکرێت سەرئەنجام دووپاتکەرەوەکانی ئۆپارین و هالدان بدات بە دەستەوە.

لە ساڵانی ١٩٥٠کانەوە تاقیکردنەوەکەی میلەر - یوری بە زۆر ڕێگەی جیاواز لە لایەن زۆر لە زانایانەوە و بە بەکارهێنانی تێکەڵەی کیمیایی جیاواز لە گاز و سەرچاوەی وزەکان نە تەنها ترشەکانی ئامینۆ، بەڵکو شەکرەکان و تەنانەت بڕی بچووکی ترشە ناوکییەکانیان دروست کرد. هێشتا هەرچەندە نیو سەدە لەو تاقیکردنەوەیە تێپەڕیوە، بەڵام لە هیچ تاقیگەیەکدا نەتوانراوە دووپاتکەرەوەی سەرەتایی هالدان - ئۆپارین دروست بکرێت. بۆ تێگەیشتن لەوەی بۆچی، ئێمە پێویستە نزیکتر سەیری تاقیکردنەوەکانی میلەر بکەین.

یەکەم بابەت دەگەڕێتەوە بۆ ئاڵۆزیی تێکەڵە کیمیاییەکە، کە میلەر دروستی کردبوو. زۆرترینی مادەی ئەندامیی بەرهەمهاتوو لە فۆرمی

---

[98] S. L. Miller, "A production of amino acids under possible primitive earth conditions", Science, vol. 117: 3046 (1953), pp. 528–9.

قیری ئاڵۆز بوو، جۆرێکی ئاشنا بۆ کیمیازانە ئەندامییەکان کاتێک ڕێچکەی شیکاری کیمابیە ئاڵۆزەکە بە وردی کۆنترۆڵ ناکرێت و زۆر مادەی هەڵە بەرهەم دێت، زۆربەی جار ئەم مادانە دەبنیرێن. لە ڕاستیدا وەها مادەیەک بە ئاسانی دەکرێت لە چێشتخانەی ماڵەوە کاتێک چێشتەکەت دەسووتێت دروست ببێت: چڵکە ڕەش و قاوەییەکان کە بە قورسی لە خوارەوەی دەرقوڵی پانتۆڵەکەت لێ دەبێتەوە، هاوشێوەی قیرەکەی میلەرن. کێشەی ئەم تێکەڵە کیمیاییانە لەوەدایە زۆر زەحمەتە شتێکی زیاتر لەم چڵکە شێوە قیرە لەوانەوە دروست ببێت. لە دیدی کیمیاییەوە ئەوان بە بەرهەمهێنەر ئەژمارد ناکرێت، چونکە ئەوان لە هەر مادەیەکی کیمیایی تری وەک ترشی ئامینۆ ئاڵۆزترن و حەزیان لە کارلێکە لەگەڵ هەر جۆرێکی تری پێکهاتەکان، کەوابوو لە ناو دارستانێک لە کارلێکی نەخوازراودا ون دەبن. میلیۆنەها چێشتلێنەر و هەزاران خوێندکار زانکۆ بۆ ماوەی سەدان ساڵ ئەم جۆرە لە چڵکی ئەندامییان دروست کردووە و لە هەندێک قاپشتنی زیاتر، هیچیان دەست نەکەوتووە.

لە چڵکەوە بۆ خانەکان

وێنای هەوڵێک بکە بۆ دروستکردنی شلەی سەرەتایی بە کڕاندنی چڵکی بنی هەموو مەنجەڵەکانی جیهان و دواتر شیکردنەوەی هەموو چەند تریلیۆن مۆلکیولی ئەندامی ئاڵۆز، لە ناو ئاو بە قەبارەی زەریایەک. ئێستا تۆزێک قوڕی بورکانی گرینلاندی وەک سەرچاوەی وزەی لێ زیاد بکە و لەوانەشە چەخماخەی ڕووناکی و ڕاوەشاندن. چی ماوەیەک دەبێت شلەکە ڕاوەشێنی پێش ئەوەی ژیان دروست ببێت؟ ١ میلیۆن ساڵ؟ ١٠٠ میلیۆن ساڵ؟ ١٠٠ میلیارد ساڵ؟

تەنانەت سادەترین ژیان زۆرتر هاوشێوەی چڵکی کیمیایی، بە شێوەیەکی زۆر نائاسایی ئاڵۆزە. بە هەرحاڵ، بە پێچەوانەی چڵکەوە بە ڕادەیەکی بەرز ڕێک خراوە. پرسی بەکارهێنانی چڵک وەک مادەی

دەستپێک بۆ بەرهەمهێنانی ژیانی ڕێکخراو، بریتییە لەوەی هێزە سێرمۆدانامیکییەکان کە لە زەویی سەرەتاییدا هەن - جوولە مۆلکیولییە لە تۆپە بیلیارد چووەکان کە لە بەشی ٢دا گەنگەشەمان کردن - زۆرتر هەوڵ دەدن نەزم تێک بدەن تا دروستی بکەن. تۆ دەتوانیت مریشک بخەیتە ناو مەنجەڵەوە و تێکولێکی بدەیت و شلەی مریشک دروست بکەیت، کەس نەیتوانیوە تا ئێستا شلەیەکی مریشک بخاتە ناو مەنجەڵەوە و مریشک بەرهەم بهێنێت.

هەڵبەت ژیان بە مریشک (یان هێلکە) دەست پێ ناکات. لە ئەمڕۆدا ئەوەی زۆرتر بە زیندەوەرێکی خۆدووپاتکەرەوەی بنچینەییترین دەناسرێت، باکتریاکانن، کە زۆر سادەترن لە هەر باڵندەیەک (هەڵبەت جگە لە ڤایرۆسەکان کە تەنها دەکرێت بە پارمەتیی خانە زیندووەکان دووبارە ببێتەوە). سادەترینەکەیان ناوی مایکۆپلاسمایە (mycoplasma) (باکتریاییەک کە بابەتی تاقیکردنەوە شیکارییەکەی کرایگ ڤنتر (Craig Venter) بوو)؛ بەڵام تەنانەت ئەم بوونەوەرانەش فۆرمی ژیانی زۆر ئاڵۆزن. جینۆمەکانیان بە نزیکەیی ٥٠٠ جین بە کۆد دەکەن، کە ژمارەیەکی زۆری پرۆتینی هاوشێوە وەک ئەنزیمەکان دروست دەکەن، لیپیدەکان، شەکر، DNA، RNA، پەردەی خانە، کرۆمۆزۆمەکەی و هەزاران ڕێسای تر، هەر کامیان زۆر ئاڵۆزتر لە بزۆێنەری ئۆتۆمبیلەکەت دروست دەکات. لە ڕاستیدا مایکرۆپلازما باکتریایەکی لاوازە و ناتوانێت خۆی ڕزگاری بێت و دەبێت زۆر لە بایۆمۆلکیولەکانی خانەخوێ وەربگرێت: ئەو زۆرتر مشەخۆرە و ناتوانێت لە هیچ شلەیەکی سەرەتایی ڕاستەقینە ڕزگاری ببێت. یەکێکی تر لە کاندیدەکان کە ئۆرگانیسمێکی تاکخانەیە بە ناوی سیانۆباکتریۆم (cyanobacterium) کە توانای ڕۆشنەپێکهاتینی بۆ هەموو بایۆکیمیاییەکانی خۆی هەیە. ئەگەر لە زەویی سەرەتاییدا هەبووبێت، ئەم سانۆباکتریایانە دەکرێت سەرچاوەی ئاستە نزمەکانی 13C بەردەکانی ئیسوا لە گرینلاند لە ٣,٧ ملیارد ساڵ لەوەوپێش

بـــن. بەڵام ئەم باکتریایـــانە زۆر ئـــاڵۆزترن لە مایکۆپلاســـما و جینۆمەکەیان بە نزیکەیی ٢٠٠٠ جین بە کۆد دەکات. چەندێک کاتت پێویستە بۆ ئەوەی زەریای شلە سەرەتاییەکەی تۆ، ساینۆباکتریا دروست بکات؟

فرید هۆیل، ئەستێرەناسی بەریتانی کە چەمکی بیگبانگی هێنایە ئاراوە، بە درێژیی ژیانی حەزی بۆ سەرچاوەی ژیان هەبوو، دەڵێت ئەگەری ئەوەی پرۆسە هەڕەمەکییە کیمیاییەکان پێکەوە کۆ ببنەوە تا ژیان دروست بکەن، تا ڕادەیەک وەک گەردەلوول وایە کە لە ناو گۆڕستانی ئوتۆمبیل هەڵبکات و بە شێوەی بەختەکی جامبوجێتێک دروست ببێت. ئەو شتەی ئەو ئاماژەی پێ دەدات خانەی زیندوو بوو، بەو شێوەیەی ئێستا ئێمە دەیناسین، کە زۆر ئاڵۆزتر و ڕێکخراوتر لەوەیە تەنها بە بەخت دەربکەوێت؛ کە دەبێت زۆر پێشکەوتووتر بێت لە خۆدووپاتکەرەوەیەکی سادە.

جیهانی RNA

ئایا دەبێت خۆدووپاتکەرەوە سەرەتاییەکان چۆن بووبن؟ ئایا ئەوان چۆن کاریان کردووە؟ لەوانەیە ئەوانەی ڕزگاریان نەبووە بە هۆی پێشبڕکێیانەوە بووبێت لەگەڵ نەوە زۆر سەرکەوتووەکەی دواتر، سروشتەکەیان زۆرتر گومان و گریمانەیە. یەکێک لە نزیکبوونەوەکان پشکنینی بەرەودواوەیە لە سادەترین فۆرمی ژیانی ئەمڕۆییەوە بۆ وێناکردنی خۆدووپاتکەرەوەیەکی زۆر سادەتر، جۆرێک باکتریای سادە کە چەند ملیارد ساڵ لەوەوپێش پێشینەی هەموو ژیان لەسەر زەوی بووبێت.

کێشەکە بریتییە لەوەی مومکین نییە خۆدووپاتکەرەوە سادەترەکان لە ناو خانە زیندووەکان بهێنرێتە دەرەوە، چونکە هیچ بەشێک توانای ئەوەی نییە بە شێوەی سەربەخۆ خۆی دووپات بکاتەوە. جینەکانی DNA ناتوانن خۆیان دووپات بکەنەوە؛ ئەوە کاری

DNAی پۆلیراماسە. دەرکەوتووە ئەو ئەنزیمانە ناتوانن خۆیان دووپات بکەنەوە، ئەوان پێویستە لە ناو کۆڵەکەکانی DNA و RNAدا بە کۆد ببن.

RNA ڕۆڵێکی گرنگ لەم بەشەدا دەگێڕێت، هەر بۆیە گرنگە بزانین چییە و چی دەکات. RNA بریتییە لە پسمامی کیمیایی سادەتری DNA و بە بەراورد بەو لوولپێچێکی تاککۆڵەکەیە. سەرەڕای ئەم جیاوازییە، RNA هەڵگری تۆزێک زیاتر یان کەمتر لە هەمان بڕ زانیاریی بەکۆدکراوی پسمامە بەناوبانگەکەیەتی- تەنها کۆپیی تەواوکەری ئەم زانیارییانەی نییە. ڕێک وەک DNA، زانیارییە جینێتیکییەکە بەپێی ٤ پیتی جینێتیکی جیاواز نووسراوە، هەر بۆیە جینەکان دەکرێت هەر بەو شێوەیە بە کۆد بکرێن کە لە DNAدا دەکرێن. لە ڕاستیدا زۆر لە ڤایرۆسەکانی وەک ئەنفلۆنزا لەجیاتیی جینۆمی DNA هەڵگری جینۆمی RNAن. بەڵام لە خانە زیندووەکانی وەک باکتریا، ئاژەڵ یان خانەکانی ڕووەک، RNA ڕۆڵێکی جیاواز لە DNA دەگێڕێت: زانیاریی جینێتیکیی نووسراو لە DNAدا سەرەتا بەپێی پرۆسەیەکی خوێندنەوە کە ئێمە لە بەشی ٧دا باسمان کرد، بۆ ناو RNA کۆپی دەبێت. چونکە بە پێچەوانەی بارستایی، تا ڕادەیەک گەورە و جێگیربوونی DNA، ڕیشاڵە کورتەکانی RNA دەکرێت بە ناو خانەکەدا بجووڵێن، ئەوان دەتوانن پەیامی جینێتیکیی کرۆمۆزۆمەکان بۆ مەشینی شیکاری پڕۆتین بگوازنەوە. لێرەدا زنجیرەی RNA دەخوێنرێتەوە و وەردەگێڕرێت بۆ زنجیرەی ترشەکانی ئامینۆ، کە دەچێتە ناو پرۆتینەکانی وەک ئەنزیم. هەر بۆیە لانیکەم لە خانە نوێیەکاندا RNA بریتییە لە کلیلی نێوانگر لە نێوان کۆدی جینێتیکیی نووسراو لە DNA و پرۆتینەکان کە هەموو بەشەکانی خانەیەک دروست دەکات.

با بگەڕێینەوە بۆ پرسی سەرچاوەی ژیان، هەرچەندە خانەیەک بە گشتی بریتییە لە بوونێکی خۆدووپاتکەرەوە، بەشە تاکەکانی وا نین،

وەک ژنێــک کە خــۆی دووپــات دەکــاتەوە (هەڵــبەت بە تۆزێــک "یـارمەتی"دان) بەڵام دڵـی یـان جـگەری نـا. کاتێک هەوڵ دەدەیـن لە خـانەی ژیانـداری ئەمـڕۆوە بـۆ پێشـینەیەکی ناخـانەیی بەرەودواوە پشـکنین بکەیـن، کێشـەیەک دروسـت دەبێـت. ئەگەر بە شـێوەیەکی تـر سـەیری بکەیـت، پرسـیارەکە دەبێـت بەمە: کامیـان سـەرەتا هەبـوون: جینـــی DNA، RNA، یــان ئەنـــزیمەکە؟ ئەگەر DNA یــان RNA سەرەتایی بن، چۆن دروست بوون؟ ئەگەر ئەنزیمەکە سەرەتا بێت، کەوابوو چۆن بە کۆد کراوە؟

شیکارێکی مومکین لە لایەن بایۆکیمیازانی ئەمەریکایی تۆماس کیچ (Tomas Cech)، پێشـکەش کـرا، کە لە سـاڵی ١٩٨٢دا زانیـاریی جینێتیکیی بەکۆدکراوی دۆزییەوە لەگەڵ هەندێک مۆلکیولی RNA کە دەکرێت کار بکاتە سەر کاری ئەنزیمەکان بۆ خێراکردنەوە کاردانەوە کیمیاییەکان (کارێک کە بە هۆیەوە لە ساڵی ١٩٨٩دا خەڵاتـی نۆبێڵی لە کیمیا لەگەڵ سـیدنی ئالتمـان بردەوە). یەکەم نموونەی ئەمانە ناسراو بە ڕیبـۆزۆم کە لە نـاو جینەکـانی زینـدەوەرێکی تاکخـانەیی بە نـاوی تیتراهمینــا (Tetrahymena)، کە بــریتییە لە جۆرێــک پرۆتــۆزۆان (protozoan) کە لە نـاو حەوزەکـانی ئـاوی تـازەدا دۆزرایەوە؛ بەڵام ســـەبارەت بە ڕیبۆزۆمەکـــان، دۆزراوەتەوە کە ڕۆڵێــک لە خـــانە زیندووەکانـدا دەگێڕێـت. دۆزینەوەکـان بە خێرایـی وەک ڕێگەیەکـی مـومکین بـۆ دەرچـوون لە پرسـی هـێلکە و مریشـک لە سـەرچاوەی ژیانـدا دەردەکەوت. گریمــانەی جیهــانیی RNA هەروەک دەرکەوت، پێشنیاز ددکات، کە شیکارە کیمیاییە سەرەتاییەکان مۆلکیولێکی RNA بەرهەم دەهێنێت. بەم شێوەیە دەکرێت ٢ کار بکات؛ ڕێساکەی خۆی بە کــۆد دەکـــات (هاوشـــێوەی DNA) و کۆپیگەلێــک لە خـــۆی (هاوشێوەی ئەنزیمەکان) لە دەرەوەی بایۆکیمیاییە لە دەستەڕاستەکان لە نـاو شـلە سـەرەتاییەکە دروسـت بکـات. ئەم پرۆسـەی کـۆپیکردنە سەرەتا پڕ لە هەڵە و ناتەواو بـوو، ژمـارەیەکی زۆر ڤێرژنـی بـازدراو،

که وەک پێشبڕکێی مۆلکیوڵیی داروین پێشکەشی دەکات، لەگەڵ یەک لە پێشبڕکێدا دەبن، لەگەڵ تێپەڕینی کات، ئەم دووپاتکەرە RNAیانە پرۆتینەکانی بە کار هێناوە بۆ پێشخستنی چوستیی دووپاتکەرەکان، کە لە ئەنجامدا گەیشت بە DNA و سەرئەنجام یەکەمین خانەی زیندوو.

ئایدیاکە، کە جیهانێک لە مۆلکیوڵەکانی خۆدووپاتکەرەوەی RNA لە پێشتر بوو، دەرکەوتنی DNA و خانە لە سەرچاوەی ژیان بووە بە نزیکەیی بە باوەڕێکی دۆگما لە توێژینەوەدا. پیشان دراوە کە ڕیبۆزۆمەکان توانای ئەنجامدانی هەمەجۆرێک کارلێکێکی سەرەکیی چاوەڕوانکراوی مۆلکیوڵی خۆدووپاتکەرەوەی هەیە. بۆ نموونە پۆلێک لە ڕیبۆزۆمەکان دەکرێت ٢ مۆلکیوڵی RNA پێکەوە بنووسێنن، لە کاتێکدا پۆلێکی تر جیایان دەکاتەوە. لەگەڵ ئەوەشدا فۆرمێکی تری ڕیبۆزۆم دەکرێت کۆپیی ڕیسمانە وردەکانی RNAیە بنچینەیەکان دروست بکەن (تەنها چەند دانەیەک لە پایە درێژەکان). لەم چالاکییە سادانەوە، ئێمە دەکرێت وێنای ڕیبۆزۆمی زۆر ئاڵۆزتر بکەین کە توانای خێراکردنەوەی کۆمەڵەیەکی تەواو لە کارلێکە پێویستەکانی بۆ خۆدووپاتکردنەوە هەیە. ڕێک دوای ئەوەی خۆدووپاتکەرەوە بەشداری دەکات، هەڵبژاردنی سروشتی دێتە ئاراوە؛ هەر بۆیە جیهانی RNA ڕێچکەیەکی پێشبڕکێی دەخاتە کار کە سەرئەنجام دەگات بە یەکەمین خانەی زیندوو، کە هەڵبەت ئەم بابەتە زۆر گەنگەشاوییە.

بە هەرحاڵ، چەندین پرس لەم سیناریۆیەدا دێتە ئاراوە. هەرچەندە کارلێکە بایۆکیمیاییە سادەکان دەکرێت لە لایەن ڕیبۆزۆمەکانەوە خێرا بکرێتەوە، بەڵام خۆدووپاتکردنەوەی ڕیبۆزۆمەکان پرۆسەیەکی زۆر ئاڵۆزە بە هۆی ڕیبۆزۆمی زنجیرەیەک لە بنچینەکان، ناسینەوەی مادەی کیمیایی چوونیەک لە ناوەندی ڕیبۆزۆمی و بەپۆلکردنی ئەو مادە کیمیاییانە لە زنجیرەیەکی دروستدا بۆ خۆدووپاتکردنەوە کە

هەڵگری ئاگـاییە. ئەمە زنجیرەیەكـی دووورودرێـژە تەنـانەت بـۆ ئەو پرۆتینانەی كە لە ناو خانەی زیندوودا لوكسن و بوخچەیەكی تەواون لە مـادە بایۆكیمیـاییە دروسـتەكان، تەنـانەت لەوەش زۆر قورسـترە ببینـین چـۆن ڕیبۆزۆمەكـان لە نـاو شـلەیەكی سـەرەتایی قەرەباڵغـدا ڕزگاریـان دەبێـت تـا بـگەن بەو سـەركەوتنە بەرجەسـتەیە. تـا ئێسـتا كەس نەیتوانیوە بیدۆزێتەوە، یان ڕیبۆزۆمێک دروست بكات كە ئەم ڕێچكە ئاڵۆزە وەربگرێت، تەنانەت لە تاقیگەش.

پرسـێكی زۆر بنچینەییتـریش هەیە، كە بـریتییە لەوەی چـۆن مۆڵكیولی RNA خـۆی لە نـاو شـلەی سـەرەتایی دروسـت دەكاتەوە. مۆڵكیـوڵەكە دروسـت بـووە لە ٣ پـارچە: تفتـی RNA كە زانیـاریی جینێتیكی بە كۆد دەكات (ڕێک وەک چۆن تفتەكانی DNA زانیـاریی جینێتیكیی DNA بە كۆد دەكات)، گرووپێكی فۆسفات و شـەكرێک بە ناوی ڕیبۆز. هەرچەندە هەندێک سەركەوتن لە دروستكردنی كارلێكی كیمیایی گونجاو كە لەوانەیە تفتی RNAی دروست كردبێت، دروست بـووە و بەشـەكانی فۆسـفات لە شـلەی سـەرەتایی، كە بـریتییە لە كـارلێكی پشتپێبەسـتراو لە دروسـتكردنی ڕیبـۆز بە بڕێكـی زۆر، شـەكرەكانی تـری دروسـت كـردووە. میكـانیزمێكی نابـایۆلۆجی كە بكرێـت لە خۆیـدا شـەكرەكانی ڕیبـۆز دروسـت بكـات، نەناسـراوە. تەنانەت ئەگەر شەكری ڕیبۆز دروست بكرێت، دانانی هەموو ئەمـانە لە لای یەكتـــری بە دروســـتی ڕێچكەیەكـــی زۆر قـــورس و سەرسـوورهێنەرە. كاتێـک فـۆرمە گونجاوەكـانی ٣ بەشـەكەی RNA بهێنـرێنە پـاڵ یەكتـری، ئەوان تەنهـا بە ڕێگەیەكی خۆویست چڵكێكـی سـەرەتایی بە ناچـاری دروسـت دەكەن. كیمیاییەكـان بە بەكارهێنـانی فـۆرمە تایبەتەكـانی تفتەكـان كە گـرووپە كیمیاییەكـانی گـۆڕاوە، لەم جـۆرە كـارلێكە كیمیـاییە لاوەكییـانە خۆیـان دەپـارێزن. بەڵام ئەمە جۆرێک فێڵە و لە هەر بارێكدا تفتە چالاكبووەكان زۆر ئەگەری نزمە لە بارودۆخی سەرەتاییتر لە تفتەكانی RNAی سەرچاوەیی دروست ببن.

بە هەرحاڵ، کیمیاییەکان توانای شیکاری تفتەکانی RNAیان لە مادەی کیمیایی سادەوە هەیە، ئەویش بە ڕێگەی زنجیرە زۆر ئاڵۆز و بە وردی کۆنترۆڵکراوی کاردانەوەکان کە لەواندا هەر بەرهەمێکی دڵخوازی کارلێکێک جیا دەکرێتەوە و پاک دەکرێت، پێش ئەوەی بخرێتە کارلێکی دواترەوە. کیمیایی سکۆتلەندی، گراهام کایرن سمیت، بەراوردی کردووە کە نزیکەی ١٤٠ هەنگاو پێویستە بۆ ئەوەی تفتێکی RNA لە ئاوێتە سادە ئەندامییەکانەوە لە شلەی سەرەتاییدا دەربکەوێت[٩٩].

بۆ هەر هەنگاوێک نزیکەی ٦ کاردانەوەی جێگرەوە هەیە کە پێویستە دووریی لێ بکرێت. ئەمە شیکارە کیمیاییەکان بۆ وێنەکردن ئاسان دەکات، تۆ دەتوانیت هەر مۆڵکیولێک وەک جۆرێک لە زاری مۆڵکیولی دابنێیت، بە هەر هەنگاوێکی گرێدراو بە هاوێشتنی ئەگەر ژمارەی ٦ هات، واتای ئەوەیە بەرهەمێکی دروستت هەیە و ژمارەکانی تر پیشاندەری بەرهەمی هەڵە دەبن. هەر بۆیە بەختی ئەوەی هەر مۆڵکیولێکی سەرەتایی بگۆڕێت بە RNA، هاوتای هاوێشتنی ٦ جار کەڕەتی ١٤٠ جار لە ڕیزێکدایە.

هەڵبەت کیمیاییەکان ئەم ئەگەرە سەیرەیان بە وردی کۆنترۆڵکردنی هەر هەنگاوێک پێش خستووە. ئایا لەوانەیە خۆر لە کاتێکی گونجاودا دەرکەوتبێت بۆ ئەوەی حەوزە بچووکە کیمیاییەکانی دەوروبەری قوڕە بورکانییەکان بسڕێتەوە؟ یان لەوانەیە قوڕی بورکانی بۆ زیادکردنی ئاو و تۆزێک فسفۆڕ بۆ دروستکردنی کۆمەڵەیەکی تر لە پێکهاتە فوارەی کردبێت؟ یان لەوانەیە تۆفانێکی هەورەبروسکە بووبێت بە هۆی ڕاوەشاندنی تێکەڵەکە و بە تێکردنی وزەی کارەبایی هەندێک گۆڕانی کیمیایی خێرای دروست کردبێت؟ دەکرێت پرسیارەکان بەردەوام درێژەیان هەبێت؛ بەڵام تا ڕادەیەک

---

[99] G. Cairns-Smith, Seven Clues to the Origin of Life: A Scientific Detective Story (Cambridge: Cambridge University Press, 1985; new edn. 1990)

ئاسانە بەراوردی ئەگەر بکەین، کە تەنها بەندە لەسەر بەخت، هەر کام لە ١٤٠ هەنگاوە پێویستەکە، کە ١ لەسەر ٦ بەرهەمی مومکین دەگات بە ئەنجام: بریتییە لە 6^{140} (بە نزیکەیی 10^{100}). بۆ هەبوونی بەختێکی ئاماری بۆ دروستبوونی RNA بە هۆی پرۆسە هەڕەمەکییە پەتییەکان، تۆ پێویستت بە لانیکەمی ئەم ژمارەیە لە مۆڵکیوڵ لە سەرەتادا و لە شلە سەرەتاییەکەدا هەیە. بەڵام 10^{109} ژمارەیەکە زۆر گەورەترە تەنانەت لە هەموو ژمارەی تەنۆلکەکانی گەردوونی بینراو (نزیکەی 10^{80}). ڕوونە زەوی مۆڵکیوڵی پێویستی نییە، یان کاتی تەواوی لە بەردەست نییە بڕێکی بەرچاو لە RNA لە ماوەی میلیۆنەها ساڵ لە نێوان دروستبوونەکەی و دەرکەوتنی ژیان، لەو کاتەی کە بەردەکانی ئیسوا پێشنیازی دەکات، دروست بکات.

لەگەڵ ئەوەشدا، وێنای بکەن کە شیکاریی بڕگەلێکی بەرچاو لە RNA بە ڕێگەی هەندێک پرۆسەی کیمیایی نەدۆزراوە ڕوو بدات. ئێمە ئێستا دەبێت زاڵ ببین بەسەر پرسێکی هاوتای تۆقێنەری نەخشاندنی ٤ تفتی جیاوازی RNA (لە بیرت بێت هاوتای ٤ پیتەکەی کۆدی DNA، واتە A, G,C و T) پێکەوە لە زنجیرەیەکی دروست بۆ دروستکردنی ڕیبۆزۆمەکە، کە توانای خۆدووپاتکردنەوەی هەبێت. زۆرترینی ڕیبۆزۆمەکان ڕیشاڵی RNAن، کە لانیکەم درێژییەکەیان ١٠٠ تفتە. لە هەر شوێنێک لە ژێیەکە یەکێک لە ٤ تفتەکە دەبێت هەبن، هەر بۆیە 4^{100} (یان 10^{60}) ڕێگەی جیاواز بۆ خڕکردنەوەی ڕیشاڵێکی RNA بە درێژیی ١٠٠ تفتەوە لەئارادایە. چەندێک ئەگەری هەیە، کە بازبازێنە هەڕەمەکییەکان تفتەکانی RNA پێکەوە کۆ بکاتەوە و زنجیرەیەکی دروست بە درێژیی ژێیەکە دروست بکات، بۆ ئەوەی ڕیبۆزۆمی خۆدووپاتکەرەوە دروست ببێت؟

چونکە ئێمە حەزمان لە سەرگەرمی بە ژمارەی گەورەیە، دەتوانین ئەم کارانە بکەین. دەرکەوتووە 4^{100} ژێی تاکدانەی RNAی ١٠٠ تفتی بارستایی 10^{50} کیلۆگرامی دەبێت. هەر بۆیە بابەتەکە بریتییە

لەوەی ئـێمە چەنـدێکمان پێویسـتە بـۆ ئەوەی تەنهـا کـۆپییەک لە زۆرتـرین ڕیشـاڵەکانمان هەبێـت، هەر بـۆیە چانسـێکی ژێـرانەیە کە یەکێک لەوان کە بـریتییە لە هەمـوو ڕێکخسـتنی تفتەکـان بە دروسـتی خۆدووپاتکەرەوە بێت. بە هەرحاڵ، بارستایی گەلەئەستێرەی کاکێشـان بە نزیکەیی 10^{42} کیلۆگرامە.

بە ڕوونی، ئێمە ناکرێت تەنها پشت بە چانسی پەتی ببەستین.

هەڵبەت لەوانەیە تەنهـا ١ دانە ڕێکخسـتن لە نـاو 4^{100} ڕێکخسـتنی مـومکین RNAی ١٠٠ تفتـی درێـژی نەبێـت کە وەک خۆدووپـاتکراوە کـار بـکەن، لەوانەیە زۆر زیـاتر بێـت. دەکرێـت تەنـانەت تریلیۆنەهـا خۆدووپـاتکەرەوەی مـومکین هەبێـت، کە دەکرێـت لە ڕیشـاڵەکانی RNAی ١٠٠ تفتی درێژدا هەبێت. لەوانەیە RN ی خۆدووپاتکەرەوە بە ڕاسـتی بە تەواوەتـی بـاوە و ئـێمە تەنهـا پێویسـتمان بە ١ ملیـۆن مۆڵکیـــوڵ هەیە بـــۆ ئەوەی هەنـــدێک بەختمـــان هەبێـــت تـــا خۆدووپاتکەرەوەیەک دروست ببێت. کێشە لەگەڵ ئەم پرسەدا بریتییە لەم ئارگیومێنتە کە ئەویش تەنهـا بریتییە لە ئارگیومێنتێک. سـەرەڕای هەوڵـــی زۆر، کەس تـــا ئێســـتا نەیتوانیـــوە تـــاک RNAیەکـــی خۆدووپاتکەرەوە (یان DNA یان پرۆتین) دروسـت بکـات، یـان ١ دانە لە سروشـتدا بـدۆزێتەوە. زۆر جـێگەی سەرسـوورمان نیـیە ناتوانیـت بزانیت کێشەی خۆدووپاتکەرەوە چییە. لە جیهـانی ئەمڕۆدا خـانەیەک هەمـــووی پـــێکەوە ئەم کـــارە ئەنجـــام دەدا. ئایـــا دەکرێـــت ئەمە لە سیسـتەمێکی زۆر سـادەتر لە ملیۆنەهـا سـاڵ لەوەوپـێش ئەنجـام بووبێـت؟ بە دڵنیـاییەوە ئەمە دەبێـت هەبووبێـت ئەگینـا ئـێمە لێـرە نەدەبووین تا بیر لەم پرسە بکەینەوە. بەڵام پێش ئەوەی خانەکان ئەم فۆرمە ڕوونەی ئێستایان هەبووبێت، چۆن بووە.

بـــا پـــێش ئەوەی باســـی قورســـییەکانی خۆدووپـــاتکەرەوەی بـــایۆلۆجیکی بکەیـــن، بـــا پرســـیارە گشـــتییەکە بخەیـــنە بەربـــاس. خۆدووپـاتکردنەوە لە هەر سیسـتەمێکدا تـا چـی ڕادەیەک ئاسـانە؟

تەکنەلۆجیای نوێ ژمارەیەکی زۆر مەشینی خستووەتە بەردەست کە شتەکانیان دووپات دەکەنەوە، لە مەشینی فۆتۆکۆپییەوە بگرە تا دەگاتە پرینتەری کۆمپیوتەری ئەلیکترۆنیی سێڕەهەندی. بەڵام هیچ کام لەمانە ئایا دەتوانن کۆپییەک لە خۆیان دروست بکەنەوە؟ لەوانەیە نموونەی زۆر نزیک پرینتەری سێڕەهەندی بێت وەک ئەوەی ڕیپراپ (RepRap) (کورتکراوەی replicating rapid prototyper)، ئەو پرینتەرانەی منداڵی زیهنی ئادریان باویەر لە زانکۆی باس لە بەریتانیا بوون. ئەم مەشینە دەکرێت بەشەکانی خۆی پرینت بکاتەوە، کە دەکرێت دوایی بۆ پێکەوەنانی پرینتەرێکی تر بە کار بهێنرێت.

بەڵام ئەم کارە بە تەواوەتی هەر هەمووی لە لایەن مەشینەکەوە ئەنجام نابێت، ئەو تەنها پرینتی پلاستیک دەکات، بەڵام چوارچێوەکەی وەک زۆربەی بەشە کارەباییەکانی تری، پێک هاتووە لە کانزا. بۆیە تەنها شتێک دەکرێت دووپات ببێتەوە بەشە پلاستیکییەکانە؛ ئەمانەش بە شێوەی دەستی لەگەڵ پارچەکانی تردا پێکەوە خڕ دەکرێنەوە تا پرینتەرێکی نوێ دروست ببێت. تیۆروانینی دیزاینەرەکان پرینتەرە ڕیپراپەکەرە خۆدووپاتکەرەوەکان دروست دەکات (چەندین جۆر دیزاینی ئەلتەرناتیڤ هەیە) کە بە ئازادی هەر کەسێک دەکرێت بە کاری بهێنێت. بەڵام لە کاتی ئەم نووسینەدا ئێمە زۆر دووریین لە دروستکردنی مەشینێکی خۆدووپاتکەرەوەی دروست. هەر بۆیە ئەگەر بگەڕێین بە دوای مەشینە خۆدووپاتکەرەوەکاندا، بە ڕاستی یارمەتیدەر نییە لە گەڕان بۆ دۆزینەوەی ئەوەی خۆدووپاتکەرەوەی ئاسان یان قورس چۆنە، ئایا دەکرێت ئێمە خۆمان بە دوور بگرین لە جیهانی مادی و بە تەواوی خۆمان بە پرسیارەکە لە ناو کۆمپیوتەرێکەوە خەریک بکەین، لێرەدا زۆر قورسە بکرێت مادە کیمیاییەکان بە بلۆکەکانی دروستکردنی جیهانی دیجیتاڵی جێگرەوەی بۆ بکرێت: واتە تەنها بەو بیتانەی کە هەڵگری ٠ و ١ن؟ بیتێک لە داتا هەڵگری ٨ بیتە کە ١ بیتی تەنها لە ناو کۆدێکی کۆمپیوتەری پیشان

دەدات و دەکرێت بە نزیکەیی لەگەڵ کۆدە جینێتیکییەکان هاوتا بکرێت: تفتێکی DNA یان RNA. ئێستا دەکرێت ئەم پرسیارە بکەین: لە ناو هەموو ڕیشاڵە بیتەکان، چی شتێک هاوبەشە کە دەکرێت لە ناو کۆمپیوتەرێک خۆیان دووپات بکەنەوە؟

لێرەدا ئەنجامێکی گەورەمان هەیە، چونکە ڕیشاڵە خۆدووپاتکەرەوەکان بە تەواوەتی باون: ئێمە ئەوان بە ڤایرۆسی کۆمپیوتەری دەناسین. ئەمانە تا ڕادەیەک پرۆگرامی کۆمپیوتەریی کورتن کە دەکرێت کۆمپیوتەرەکانمان تێوەبدات، ئەویش بە ناچارکردنی CPUەکان بۆ ئەوەی کۆپییەکانی بار(لۆد) بکات. ئەم ڤایرۆسە کۆمپیوتەرییانە دێنە ناو ئێمەیلەکانمان و کۆمپیوتەرەکانی خۆمان و هاوڕێ و هاوکارەکانمانەوە و تێوەی دەدەن. هەر بۆیە ئەگەر ئێمە وای دابنێین یادەوەریی کۆمپیوتەر شتێک بێت وەک شلەی سەرەتایی دیجیتاڵی، کەوابوو ڤایروسە کۆمپیوتەرییەکان دەکرێت وا لەبەرچاو بگیررێت هاوتای دیجیتاڵی خۆدووپاتکەرەوە سەرەتاییەکانە.

یەکێک لە سادەترینی ڤایرۆسە کۆمپیوتەرییەکان، ناوی تینبایە (Tinba)، کە تەنها ٢٠ کیلۆبایت درێژییەکەیەتی، کە بە بەراورد بە زۆرترینی پرۆگرامە کۆمپیوتەرییەکان زۆر کورتە. هێشتا تینبا توانیی سەرکەوتوانە لە ساڵی ٢٠١٢دا هێرش بکاتە سەر کۆمپیوتەرە زەبەلاحەکانی بانکەکان و دزە بکاتە ناو برۆزێرەکان و داتاکانی لۆگین بدزێت؛ هەر بۆیە ڕوونە خۆدووپاتکەرەوەیەکی تۆقێنەر و سەرسووڕهێنەرە. لەگەڵ ئەوەی ٢٠ کیلۆبایت لەوانەیە بۆ کۆمپیوتەرێک زۆر کورت بێت، لەگەڵ ئەوەشدا هەڵگری تا ڕادەیەک زنجیرەیەکی درێژ زانیاریی دیجیتاڵییە کە بە شێوەی ٨ بیت لە ١ بایت ڕێک خراون و ئەمەش هاوتای ١٦٠٠٠ بیت زانیارییە. چونکە دەکرێت هەر بیتێک لە ١ یان ٢ دۆخدا بێت (٠ یان ١)، دەکرێت بە ئاسانی ئەگەر بە شێوەی هەڕەمەکی بەرهەمهێنانی زنجیرەی تایبەت لە ژمارە باینەرییەکان هەژمار بکەین. بۆ نموونە بەختی دروستکردنی

زنجیرەیەکی تایبەتی ٣ بیتی ١١١ بریتییە لە 1/2x1/2x1/2 یان ١ بەخت لە 2^3 بە هەمان لۆجیکی ماتماتیکی، بە شێوەی هەڕەمەکی بەدەستهێنانی زنجیرەیەک بە درێژیی ١٦٠٠٠٠ بیت، بریتییە لە ١ لەسەر 2^{160000} بەخت. ئەم ژمارەیە هێندە ژمارەیەکی بچووکە پێمان دەڵێت ناکرێت تەنها بە هۆی بەختەوە دروست بووبێت.

لەوانەیە سەبارەت بە مۆلکیوڵەکانی RNA وەک ئێمە پێمان وایە، ژمارەیەکی زۆر کۆدی خۆدووپاتکەرەوە هەبێت کە زۆر سادەتر بێت لە تینبا و لەوانەیە بە چانس دەرکەوتبێت. بەڵام ئەگەر ئەمە وا بێت، کەوابوو لە ئێستادا بە دڵنیاییەوە دەبێت ڤایرۆسی کۆمپیوتەری بە شێوەی خۆبەخۆ لە ناو ئەو هەموو کۆمەڵە زۆرەی گێگابایتەی کۆدە کۆمپیوتەرییەکان لە ناو ئینتەرنێتدا هەموو چرکەیەک دەربکەون. زۆرترینی ئەم کۆدانە لە کۆتاییدا بریتین لە زنجیرەیەک ٠ و ١ (بیر لەو هەموو وێنە و فیلمانە بکەرەوە کە لە هەموو چرکەیەکدا داونلۆد دەبێت). ئەم کۆدانە هەر هەموویان توانای شاراوەی کارکردنیان بەپێی ڕێنمایی CPUەکان بۆ ئەنجامدانی کردارە بنچینەییەکان هەیە، لە کۆپیکردنەوە بۆ سڕینەوە، بەڵام لەگەڵ ئەوەشدا ڤایرۆسە کۆمپیوتەرییەکان کە کۆمپیوتەری هەموو کەسێک تێوەدەدەن، دیزاینی بێهەڵەی دەستی مرۆڤن. لەمێژە دەزانین کە لێشاوی زانیاریی دیجیتاڵی کە ڕۆژانە بە هەموو جیهاندا بڵاو دەبێتەوە، هەرگیز نەیتوانیوە بە شێوەی هەروایی ڤایرۆسێکی کۆمپیوتەری دروست بکات. تەنانەت لە ناو ناوەندە گونجاو بۆ دووپاتبوونەوەی کۆمپیوتەرێکیش، خۆدووپاتکردنەوە قورسە و ئێمە دەزانین هەرگیز ئەمە ڕووی نەداوە.

ئایا میکانیکیی کوانتەمی دەکرێت یارمەتیدەر بێت؟

ئەم گەشتە لە ناو جیهانی دیجیتاڵی، پیشان دەدات پرسی سەرەکی لە گەڕان بۆ سەرچاوەی ژیان لەسەر سروشتی بزوێنەرێکی گەڕان کە بە کار دێت بۆ کۆکردنەوەی پارچەکان، پێکەوە بۆ دروستکردنی

ڕێکخستنێکی دروست بۆ دروستکردنی خۆدووپاتکەرەوەیەک چڕ دەبێتەوە. هەرچی مادەی کیمیاییە کە لە شلەی سەرەتاییدا لە دەستڕەسدان، دەبێت لە فەزایەکی گەورەی ئەگەرەکان بۆ دەستکەوتنی خۆدووپاتکەرەوەیەکی زۆر نایاب بپشکێنرێن. ئایا دەکرێت پرسەکەی ئێمە لە چوارچێوەی ڕیساکانی گەڕانی کلاسیکیدا سنووردار بکرێت؟ لەوانەیە لە بەشی ٤وە لە بیرت بێت کە تیۆریسازە کوانتەمییەکان لە MIT، لەو کاتەدا گومانی زۆریان لە ڕاپۆرتەکەی نیویۆرک تایمز هەبوو کە ڕووەک و میکرۆبەکان گەڕانێک لەسەر ڕێچکەی کوانتەمی ئەنجام دەدەن. بەڵام ئەوان سەرئەنجام گەیشتن بەو ئەنجامەی کە سیستەمە ڕۆشنەپێکهاتنەکان ستراتیژییەکی گەڕانی کوانتەمی ئەنجام دەدەن کە ناسراوە بە هەنگاوی کوانتەمی (quantum walk). چەندین توێژەر بە ئێمەشەوە[100] پشکنینیان کردووە بۆ ئەو ئایدیایەی سەرچاوەی ژیان، کە دەکرێت بە شێوەیەک هەڵگری جۆرێک سیناریۆی گەڕانی کوانتەمی بێت.

وێنای حەوزێکی داخراوی بچووکی سەرەتایی بکە، لە ناو ئەو بەردە مارپێچییە درێژانە کە لە قوڕە بورکانییەکانی ژێر دەریای دێرینی ئایسوا لە ٣ ملیارد و نیو ساڵ لەوەوپێش هەڵقولابێت، ئەویش کاتێک گرینلاندی سەرەتایی دروست دەبوو. ئەمە گۆلاوە بچووکە گەرمەکانی داروینە، بە سەرچاوەی ئامۆنیا خوێ فسفۆڕییەکان، ڕووناکی، گەرما، کارەبا و تا دوایی. ئێستا وێنای ئاوێتەیەکی پرۆتینی بکە، کە دواتر دەبێت گۆڕانکاریی زۆر ئاڵۆزی بەسەردا بێت، لەوانەیە فۆرم وەربگرێت. ئێستا برۆ پێشتر و وێنەی "ئاوێتەیەکی پرۆتینی" بکە (ئێستا دەکرێت مۆلکیولێکی RNA بێت) کە بە ڕێگەی جۆرێک پرۆسەی کیمیایی کە ستانلی میلەر دۆزییەوە، دروست بووبێت، کە

[100] McFadden, Quantum Evolution; J. McFadden and J. Al-Khalili, "Quantum coherence and the search for the first replicator," in D. Abbott, P. C. Davies and A. K. Patki, eds., Quantum Aspects of Life (London: Imperial College Press, 2008

جۆرێـک ئەنزیمـی سـەرەتاییە (یـان ڕیبـۆزۆم) کە هەنـدێک چـالاکیی ئەنزیمیی هەیە، بەڵام هێشـتا بە مۆڵکیوڵی خۆدووپاتکەرەوە هەژمـارد ناکرێت. زیاتر لەوە وێنای هەندێک تەنۆلکە لە ناو ئەنزیمەکاندا بکە کە دەکرێت بۆ شوێنە جیاوازەکـان بچێت، بەڵام بە هۆی بەربەستەکانی وزەی کلاسیکییەوە ڕێگەی لێ دەگیررێت. بە هەرحـاڵ وەک چۆن لە بەشـی ٣دا باسـمان کرد، هەردووی ئەلیکتـرۆن و پرۆتۆنەکـان توانـای تونێلێدانی کوانتەمییـان هەیە کە گواسـتنەوەی کلاسـیکیی لایەنێک کە لە کـرداری ئەنزیمەکانـدا بنەڕەتیـیە، قەدەغە دەکـات. بە شـێوەیەکی کـاریگەر ئەلیکتـرۆنەکە یـان پرۆتـۆنەکە لە هەر ٢ لای بەربەسـتەکە بە شـــێوەی هاوکـــات هەن. ئەگەر وای وێنـــا بکەیـــن لە نـــاو ئەنـــزیمە سەرەتاییەکەماندا ڕوو دەدات، کەوابوو دەبێت چاوەڕێی پەیکەربەندی جیاواز بکەین - دۆزینەوەی تەنۆلکە لەودیوی بەربەسـتی وزەوە - کە لە چـالاکییە ئەنــزیمییە جیاوازەکانــدا بەشــداری دەکـات، کە توانـــای تاودان بە ڕوودانی جۆرە جیاوازەکـانی کـارلێکی کیمیـایی، لەوانەیە بە کاردانەیەکی خۆدووپاتکەرەوەشەوە دەدات.

تەنها بۆ دروستکردنی ژمارەیەک کە بکرێت لەگەڵی کار بکرێت، بـا گریمـانەی ئەوە بکەیـن کە ٦٤ پرۆتـۆن و ئەلیکتـرۆن لە نـاو ئەنـزیمە خەیاڵییەکەی ئێمەدا هەن کە توانـای تونێلێدانی کوانتەمییـان هەیە بـۆ ئەوەی لە ٢ شوێنی جیاوازدا بن. بڕی گۆڕانی ڕێسـایی لە بەردەسـت بـۆ ئەنـزیمە سـەرەتاییەکەمان هێشـتا ئێجگـار زۆرە: $٢^{٦٤}$ - ژمـارەی پەیکەربەندی زەبەلاحی مومکین. ئێستا وای دابنێ کە تەنها یەکێک لەم پەیکەربەنـدییانە دەکرێـت ببێـت بە خۆدووپـاتکەرەوە. پرسـیارەکە ئەمەیە: چەنـدێک ئاسـانە چوارچێـوەیەکی تـایبەت بـدۆزرێتەوە کە دەکرێت بگات بە دەرکەوتنی ژیان؟ ئایا خۆدووپاتکەرەوە دەکرێت لە گۆلاوە گەرمە بچووکەکانی ئێمەدا هەبن؟ وای دابنێ یەکەمین ئەنزیمی سەرەتایی مۆڵکیوڵێکی بە تەواوەتی کلاسـیکییە کە توانـای ئەنجامدانی هـیچ فێڵێکـی کـوانتەمیی وەک سـەریەککەوتن یـان تونێلێـدانی نیـیە.

مۆلکیـــوڵەکە لە هەر ســـاتێکدا لە یەکێــک لە 264 پەیکەربەنـــدییە مومکینەکانـــدا دەبێـــت و ئەگەری ئەوەی ئەنـــزیمە ســـەرەتاییەکە خۆدووپـــاتکەرەوە بێـت، بـریتییە لە ١ دابەشـــی $٢^{٦٤}$ - بەختێکـی لە رادەبەدەر بچـووک، بە سەرسـوورمانی زۆرەوە ئەنـزیمە سـەرەتاییە کلاسـیکەکە لە یەکێـک لەم پەیکەربەنـدییانەدا گیـری خـواردووە و ناتوانێت خۆی دووپات بکاتەوە.

هەڵـــبەت مۆلکیولەکـــان لە ئەنجـــامی تەنـــگەژە و ســـوانی ســـێرمۆدینامیکییەوە دەگـــۆڕێن، بەڵام لە جیهـــانی کلاســـیکیدا ئەم گۆڕانـانە بە شـێوەی ڕێژەیـی زۆر هێـواش ڕوو دەدەن. بـۆ ئەوەی مۆلکیولێک بگۆڕرێت، ڕێکخستنی سەرەتایی ئەتۆم دەبێت هەڵبوەشێت و ڕێکخستنی پێکهاتە مۆلکیولییەکەی جارێکی تر ڕێک بخرێتەوە. وەک ئەوەی لە بەشـــی ٣دا ســـەبارەت بە کـــۆلاجینە دایناســـوورە درێـژەتەمەنەکە باسـمان کـرد، هەنـدێک جـار گـۆڕانە کیمیاییەکـان دەکرێت لە سکێڵی کاتیی جیۆلۆجی بێتە ئاراوە. بە شێوەی کلاسیکی وا دەزانرێت ئەنزیمە سەرەتاییەکەی ئێمە کـاتێکی زۆری دەوێت بـۆ ئەوەی کەرتێکی بچووک لە $٢^{٦٤}$ پەیکەربەندی کیمیایی بپشکنێت.

بە هەرحاڵ، ئەگەر ئێمە وای دابنێین کە ٦٤ تەنۆلکە سـەرەکییەکەی ئـێمە لە ئەنـزیمە سـەرەتاییەکەی ئـێمە ئەلیکتـرۆن و پرۆتـۆنن کە دەکرێـت تونێـل لـێ بـدەن بـۆ شـوێنە ئەلتەرناتیڤەکـان، بـارودۆخ بە شـێوەی جیـاواز دەبێت. لە بـوونی سیسـتەمێکی کوانتەمیـدا، ئەنـزیمە سەرەتاییەکان دەکرێت هاوکات لە هەمـوو چوارچێوە مومکینەکاندا بە ڕێگەی سـەریەککەوتنی کوانتەمی بە شـێوەی هاوکـات هەبێت. هۆکـار بۆ هەڵبژاردنی ژمارەی ٦٤ لە سەرەوە، ئێسـتا ڕوونتـر دەبێتەوە؛ ئەمە هەمـان ژمـارەیە ئـێمە کاتێک لە هەڵخڵەتـانی شـەترەنجی ئیمپراتـۆری چـین قسـەمان لەسـەر کـرد بـۆ پیشـاندانی توانـای هەژمـاردکردنی کوانتەمی لە بەشی ٨دا بە کارمان هێنا، بۆ تەنۆلکە تونێلێدەرەکان کە ڕۆڵـی چوارگۆشـەکان لەسـەر بـۆردەکە دەگێڕێـت یـان بیـتە

کوانتەمییەکـان. خۆدووپـاتکەرەوە سـەرەتاییەکان دەکرێـت ئەگەر بـۆ ماوەیەکی دوورودرێژ ڕزگاری ببێت، کە وەک کۆمپیوتەری ٦٤ - بیتی کوانتەمی کار دەکات؛ ئێمە پێشتر دۆزیومانەتەوە ئامێرێکی وا تا چی ڕادەیەک دەکرێـت بەهێـز بێـت. لەوانەیە لە سـەرچاوە کـوانتەمییە زەبەلاحەکانـدا بکرێـت بـۆ هەژمـاردکردن سـوود وەربگیررێـت بـۆ وەڵامدانەوە. پەیکەربەندی دروستی مۆڵکیوڵی بۆ خۆدووپاتکراوە چییە؟ بەم ڕێگەیە دەکرێت پرسەکە و وەڵامەکەی ڕوونتر ببێتەوە. وای دابنێ ئەنزیمە سەرەتاییەکە لە وەها سەریەککەوتنێکدا بێت و پرسی گەڕان بۆ دۆزینەوەی یەکێک لە 2^{64} ڕێسا مومکینەکان کە خۆدووپاتکەرەوەیە، مومکین دەبێت. بەڵام کێشەیەک هەیە، تۆ دەبێت لە بیرت بێت کیوبیتەکان (Qbit) دەبێت هاوبار (Coherence) بمێننەوە و گیرۆدە (Entangle) بن بۆ ئەوەی هەژماردکردنی کوانتەمی ئەنجام بدەن. بە هۆی دابارییەوە 2^{64} دۆخی سەریەککەوتووی کوانتەمی هارە دەکەن و تەنها یەکێک دەمێنێتەوە. ئایا ئەمە باشە؟ ڕوونە نا، چونکە بەختی ئەوەی سەریەککەوتنی کوانتەمی دابڕووخێت بۆ یەکێک لە دۆخە کوانتەمییە خۆدووپاتکەرەوەکان بریتییە لە ١ دابەشی ٢ توانی ٦٤، کە هەمان بەختی دەسکەوتنی شێرە لە ٦٤ هەڵدانـدا. بەڵام دواتر ئەوەی ڕوو دەدات لە کوی شیکردنەوەی کوانتەمی لە هاوتا کلاسیکییەکەی جیاوازە.

ئەگەر مۆڵکیوڵێک بە شێوەی کوانتەمی ڕەفتار نەکات و خۆی بدۆزێتەوە و هەوڵ بدات بە ڕێکخستنی هەڵەی ئەتۆمەکان کە توانای خۆدووپاتکردنەوەیان نییە، پەیکەربەندی جۆراجۆر پێک بهێنێت، ناچارە بە پرۆسە جیۆلۆجییە هێواشەکان بەندە مۆڵکیوڵییەکانی ڕێک بخات. بەڵام دوای داباریی (dechoerence) بەندە مۆڵکیوڵییە هاوتاکان هەر کام لە ٦٤ ئەلیکترۆن و پرۆتۆنەکانی ئەنزیمە سەرەتاییەکەی ئێمە، بە نزیکەیی بە شێوەی هاوکات ئامادەیی ئەوەیان هەیە تونێل لێ بدەن بۆ سەریەککەوتنێک لە هەردووی شوێنە مومکینەکان، بۆ دووبارە بونیادنانی سەریەککەوتنی کوانتەمیی ٢

توانی ٦٤ پەیکەربەندی جیاواز. لە دۆخە ٦٤ کیوبیتییەکان، مۆلکیولی خۆدووپاتکەرەوەی سەرەتایی کوانتەمی، دەکرێت درێژە بە گەڕانەکەی خۆی بۆ خۆدووپاتکەرەوەیەک لە جیهانی کوانتەمی بدات.

داباری دووبارە بە خێرایی هارە دەهێنێت بە سەریەککەوتنەکە؛ بەڵام لەم کاتەدا مۆلکیولەکە خۆی لە یەکێکی تر لە 2^{64} پەیکەربەندییە کلاسیکییە جیاوازەکە دەبینێتەوە. جارێکی تر و جارێکی تر داباری هارە دەکات بە سەریەککەوتنەکە و دووبارە سیستەمەکە خۆی لە پەیکەربەندییەکی تردا دەدۆزێتەوە و ئەم پرۆسەیە بەبێ سنوور درێژە دەکێشێت. لە بنەڕەتدا لە ناوەندێکی تا ڕادەیەک دابڕاو و پارێزراودا، دروستبوونی و تێکچوونی سەریەککەوتن پرۆسەیەکی شیاو بۆ گەڕاندنەوەیە: سکە کوانتەمییەکە بە بەردەوامی بە ڕێگەی پرۆسەی سەریەککەوتن و داباری هەڵدەدرێت، پرۆسەیەک کە دووبارەبوونەوەی زۆر زیاترە لە دروستبوون و شکانی بەندە کیمیاییە کلاسیکییەکان.

بەڵام ڕووداوێک هەیە کە هەڵدانی سکە کوانتەمییەکە کۆتایی پێ دەهێنێت. ئەگەر مۆلکیولە سەرەتاییە خۆدووپاتکەرەوەکە لە کۆتاییدا بڕووخێتە ناو دۆخێکی خۆدووپاتکەرەوە، دەست دەکات بە دووپاتبوونەوە، ڕێک وەک E. coli یە برسییەکان کە لە بەشی ٧دا قسەمان لەسەری کرد. دووپاتبوونەوە سیستەمەکە ناچار دەکات بە شێوەیەکی نەشیاو بۆ گەڕانەوە بگوازرێتەوە بۆ جیهانی کلاسیکی. سکە کوانتەمییەکە بە شێوەی نەشیاو بۆ گەڕانەوە هەڵدەدرێت و یەکەم خۆدووپاتکەرەوە لە جیهانی کلاسیکیدا لە دایک دەبێت. هەڵبەت ئەم خۆدووپاتکردنەوەیە ناچارە هەڵگری هەندێک سەرچاوەی پرۆسەی بایۆکیمیایی بێت، کە بە زەقی جیاواز دەبێت لەوەی کە پێش دروستبوونی خۆدووپاتکەرەوە لەئارادا بوون. بە واتایەکی تر، میکانیزمێک پێویستە هەبێت کە ڕێکخستنێکی تایبەتی لە جیهانی کلاسیکیدا بپارێزێت پێش ئەوەی لەکیس بچێت و بڕوات بەرەو ڕێکخستنی کوانتەمیی دواتر.

یەکەمین خۆدووپاتکەرەوە وەک چی بووە؟

ئەو گریمانەیەی کە لە سەرەوە باسمان کرد، هەڵبەت گوماناوییە، بەڵام ئەگەر یەکەم خۆدووپاتکەرەوە لەجیاتیی ئەوەی لە جیهانی کلاسیکیدا بێت، لە جیهانی کوانتەمیدا بووبێت، ئەمە لانیکەم توانای ئەوەی هەیە پرسی گەڕان بە دوای یەکەم خۆدووپاتکەرەوە چارەسەر بکات.

بۆ ئەوەی ئەم سیناریۆیە کار بکات، مۆلکیولە سەرەتاییەکە - خۆدووپاتکەرەوە سەرەتاییەکە - دەبێت توانای پشکنینی ژمارەیەکی زۆر ڕێسای جیاوازی بە ڕێگەی تونێلێدانی کوانتەمی تەنۆلکەکانی لە شوێنە جیاوازەکانیاندا هەبێت. ئایا ئێمە دەزانین چ جۆرێک لەم مۆلکیولانە دەکرێت توانای ئەم فێڵەیان هەبێت؟ بە کشانێکی دیاریکراوەوە کە بڕوامان پێیەتی. وەک پێشتر دۆزیومانەتەوە، ئەلیکترۆنەکان و پرۆتۆنەکان لە ناو ئەنزیمەکاندا تا ڕادەیەک ئازادن، کە توانایی ئەوەیان هەیە بە ئازادی تونێل لێ بدەن. پرۆتۆنەکان لە DNA و RNAیش توانای تونێلێدانیان هەیە، لانیکەم بە درێژیی بەندە هایدرۆجینییەکەی. هەر بۆیە ئێمە لەوانەیە وێنای ئەوە بکەین خۆدووپاتکەرەوە سەرەتاییەکان شتێکە هاوشێوەی پرۆتینێک یان مۆلکیولێکی RNA کە بە بەندە هایدرۆجینییە شلەکان و بەندە ئەلیکترۆنییە لاوازەکان پێکەوە گرێدراون، کە هەوڵ دەدات تەنۆلکەکان - هەردووی پرۆتۆنەکان و ئەلیکترۆنەکان - بە ئاسانی بە ناو ڕێساکان گەشت بکەن بۆ دروستکردنی سەریەککەوتنی چەندین تریلیۆن پەیکەربەندی جیاواز.

ئایا هیچ بەڵگەیەک بۆ وەها سیناریۆیەک هەیە؟ ئاپۆورڤا پاتیل (Apoorva D. Patel) فیزیاییەک لە ناوەندی فیزیای وزەبەرزەکان لە ئەنستیتۆتی زانستیی هیندستان لە بنگلۆر، یەکێکە لە شارەزایانی ئەلگوریسمی کوانتەمی- نەرمەئامێری کۆمپیوتەری کوانتەمی. ئاپۆورڤا پێی وایە کە لایەنەکانی کۆدی جینێتیکی (زنجیرەی تفتەکانی

DNA کە کۆدن بۆ ترشێکی ئامینۆ یان ئەوی تر) ئەوە دەردەخات بە شێوەی کۆدی کوانتەمین[101]. ئێرە شوێنی چوونەناو وردەکاریی تەکنیکی نییە (بۆ ئەو مەبەستە دەبێت بە قووڵی بچینە ناو ماتماتیکی زانیاریی کوانتەمی)، بەڵام ئایدیاکەی زۆر سەرسوورهێنەر نەبوو. لە بەشی ٤دا ئێمە بینیمان چۆن لە ڕۆشنەپێکهاتندا وزەی پرۆتۆنی دەگوازرێتەوە بۆ ناوەندی کارلێک، ئەویش بە ڕێگەی ڕێچکەی چەند هەنگاوی- هەنگاونانی کوانتەمیی هەرەمەکی. دواتر لە بەشی ٨دا، ئێمە قسەمان لەسەر ئایدیای هەژماردکردنی کوانتەمی کرد و ئەوەی کە ژیان لەوانەیە ئەلگۆریسمی کوانتەمی بۆ بەرزکردنەوەی چوستیی هەندێک پرۆسەی زیندەناسیی دیاریکراو هەبێت. بە هاوشێوەیی سیناریۆکانی سەرچاوەی ژیان کە هەڵگری میکانیکیی کوانتەمین، لە کاتێکدا پڕن لە گومان، هیچ نین جگە پەرەپێدانی ئەم ئایدیایانە: ئەگەری ئەوە هەیە هاوباریی کوانتەمی لە زیندەناسیدا جۆرێک ڕۆڵ لە سەرچاوەی ژیان لە ناو خانەی زیندوودا بگێڕێت.

هەڵبەت هەر سیناریۆیەک کە هەڵگری میکانیکیی کوانتەمی لە سەرچاوەی ژیان لە ٣ ملیارد ساڵ لەوەوپێش بگێڕێت، هێشتا بە ڕادەیەکی بەرز گومانـاوی دەمێنێتەوە. بەڵام وەک پێشتر قسەمان لەسەری کرد، تەنانەت لێکدانەوەی کلاسیکی سەرچاوەی ژیان بە پرسی زۆر گەمارۆ دراوە: ئاسان نییە ژیان لە مسۆدەوە دروست ببێت! بە ڕێگەی ئامادەکردنی ستراتیژیی گەڕانی زۆر چوستتر، میکانیکیی کوانتەمی لەوانەیە ڕێگەیەکی تۆزێک ئاسانتر بۆ دروستکردنی خۆدووپاتکەرەوەیەک بگێڕێت. هەڵبەت ئەمە هەموو چیرۆکەکە نییە، بەڵام میکانیکیی کوانتەمی دەکرێت ژیانی لە ناو بەردەکانی هاوشێوەی ئەوەی گرینلاند دروست کردبێت.

---

[101] A. Patel, "Quantum algorithms and the genetic code," Pramana Journal of Physics, vol. 56 (2001), pp. 367–81; available at http://arxiv.org/pdf/quant-ph/0002037.pdf

١٠
زیندەناسیی کوانتەمی: ژیان لەسەر لێواری تۆفانێک

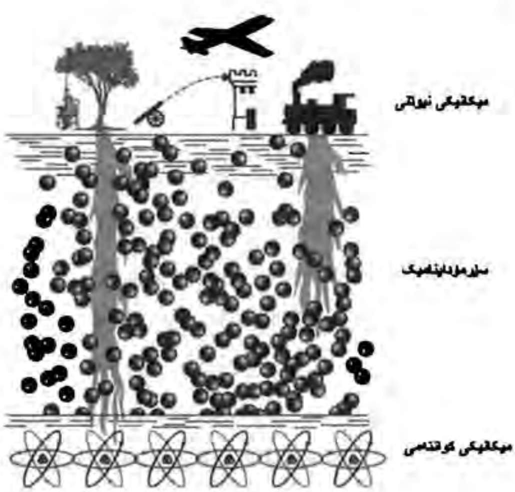
"سەیر" ئەو سیفەتەیە کە بەردەوام بۆ وەسفی میکانیکیی کوانتەمی بە کار دەهێنرێت. بە ڕاستی سەیریشە. هەر تیۆرییەک کە ئەو هەلە بڕەخسێنێت بۆ شتەکان لە بەربەستێکی نەسمێنەرەوە تێپەڕ ببن، هاوکات لە ٢ شوێن بێت یان هەڵگری پەیوەندیی خێوەکی بێت، ناکرێت وەک تیۆرییەکی ئاسایی باس بکرێت. بەڵام لە ڕاستیدا ئەم چوارچێوە ماتماتیکییە بە دڵنیایی لۆجیکی و بێ دژبەیەکییە و بە دروستی بە ڕێگەیەک شرۆڤەی جیهانی تەنۆلکە بنەڕەتییەکان و هێزەکان دەکات. بەم جۆرە میکانیکیی کوانتەمی بنچینەی هەقیقەتی فیزیاییە. ئاستەکانی وزەی نابەردەوام، دووسروشتیی شەپۆل - تەنۆلکە، هاوباری، گیرۆدەیی و تونێلێدان تەنها ئایدیای پەیوەندیدار بە کاری زانایان لە ناو تاقیگە فیزیاییە سەیروسەمەرەکان نییە. ئەوان بە ڕاستی ڕاستەقینە و ئاساییین وەک کێکی سێوینی داپیرە و لە ڕاستیدا دەچێتە ناو کێکی سێوینی دایەپیرەوە (سەرچاوەی ژیان). میکانیکیی کوانتەمیی ئاسایی ئەو جیهانەی کە شرۆڤەی دەکات، سەیرە.

بەڵام دەزانین زۆرترینی لایەنە سەیروسەمەرەکانی مادە لە سکێڵی کوانتەمیدا لە ناو گێژاوە ناوەوەییەکانی سێرمۆدایناميکیی تەنە

گەورەکـان بە ڕێـگەی پرۆسـەیەک کە ئـێمە نـاوی دەنێـین دابـاری (dechorence)، دەسڕێتەوە و ئێمە و جیهانە کلاسیکییەکەی خۆمان دەمێنینەوە. هەر بۆیە هەقیقەتی فیزیایی وا ببینین کە پێک هاتووە لە ٣ ئاسـت (وێنەی ١٠:١). لە ڕووبەردا ماکرۆسکۆپین، هەموو تەنەکانی وەک تـۆپی فووتبـۆڵ، شـەمەندەفەر و هەسـارەکان بە گشـتی ڕەفتارەکانیان دەکەوێتە چوارچێوەی یاسا میکانیکییەکانی نیوتن بۆ جووڵە بە چەمکە ئاشناکانیشیەوە وەک خێرایی، تاودان، تەوژم و هێز. دووەم تـویّ بـریتییە لە تـوێی سـێرمۆدایناميک کە شـرۆڤەی ڕەفتـاری شلەکان و گازەکان دەکات. لێرەدا هەمان ڕێسا کلاسیکییەکان بە کار دەهێنرێـت؛ بەڵام وەک شـرۆدینگێر ئامـاژەی پـێ دەکـات و ئـێمە لە بەشی ٢دا شیمان کردەوە، ئەو یاسا سێرمۆداینامیکییە زەقانە، کە بۆ نموونە شرۆڤەی چۆنێتیی کشـانی گازێک دەکات کاتێک گەرم دەبێت یـان چـۆن بزوێنەرێکـی هەڵمـین شـەمەندەفەرێک بە گردەکانـدا هەڵـدەگێڕێت، بەنـدن لەسـەر "نەزم لە بێنەزمـی"یەکەی تێکـڕای هەڵبەزودابەزی تریلیۆنها ئەتـۆم و مۆڵکیـوڵ. سـێیەمین و قـووڵترین ئاستی بنچینەی هەقیقەت بریتییە لە جیهانی کوانتەمی. لێرەدا ڕەفتاری مۆڵکیوڵ و ئەتۆم و تەنۆلکەکان بە وردی ملکەچی یاساکانی کوانتەمن نەک میکانیکیی کلاسیکی. بە هەرحـاڵ، زۆرترینی سـەیرییەکانی مـادە کوانتەمییەکان لە ئێمەوە دیار نییە. ئەوە تەنها کاتێک دەردەکەوێت کە بە وردی سـەیری مۆڵکیـوڵە تاکەکـان بکەیـن، بـۆ نمـوونە لە تاقیکردنەوەی دووکەلەبەریدا، یاسا کوانتەمییەکان بە قووڵتر دەبینین. ئەو ڕەفتارەی ئەوان شرۆڤەی دەکەن، نائاشنایە بۆ ئێمە، چونکە ئێمە بە شێوەی ئاسایی هەقیقەت لە فیلتەری دابارییەوە دەبینین کە هەموو لایەنە سەیرەکانی تەنە گەورەترەکان دەسڕێتەوە.

زۆرترینـی ئۆرگـانیزمە زینـدووەکان تەنـی گەورەن. هاوشـێوەی شەمەندەفەر، تۆپی فووتبۆڵ و تۆپی بیلیارد و بە گشتی جووڵەکەیان بە جوانی بە یاسـاکانی نیـوتن دیـاری دەکرێـت: کەسـێک کە تـۆپێکی

پینگ پۆنگ دەهاوێژێت، خۆشی بهاوێژرێت ڕێچکەکەی وەک ڕێچکەی تۆپەکە دەبێت. لە ئاستێکی قووڵتردا، فیزیۆلۆجیی شانەکان و خانەکان بە باشی بە ڕێگەی یاساکانی سیرمۆداینامیک شرۆڤە دەکرێت: کشان و گرژبوونی سی زۆر جیاواز نییە لە کشان و گرژبوونی باڵۆنێک. هەر بۆیە لە یەکەم بینیندا وا گریمانە دەکرێت، وەک چۆن زۆربەی زاناکان وا گریمانەیان کردووە، کە ڕەفتاری کوانتەمی لە ڕۆبینەکان، ماسی، دایناسوور، درەختی سێو، مێشی مێوە و ئێمە، بە هۆی ئەوەی تەنی کلاسیکیین، دەسڕێتەوە. بەڵام بینیمان ئەمە هەمیشە بۆ ژیان ڕاست نییە؛ ڕیشەکەی لە ڕووبەری نیوتنییەوە بە ڕێگەی گێژاوی سیرمۆداینامیکیی ئاو بۆ سمێنی بەردەبناغەی کوانتەمی، هەل دەدات بە ژیان تا ئامادەسازی بکات بۆ هاوباری (coherence)، سەریەککەوتن، تونێللێدان یان گیرۆدەیی (وێنەی ١٠:١). پرسیارەکە کە دمانەوێت بیخەینە بەر باس ئەمەیە: چۆن؟



وێنەی ١٠:١

٣ ئاستی هەقیقەت: ئاستی سەری سەرەوە جیهانی بینراوە، کە پڕە لە تەنی وەک سێوی بەرەوەبوو، گوللەتۆپ، شەمەندەفەرە هەڵمینەکان

و فرۆکە، کە جووڵەکەیان بە میکانیکیی نیوتنی شرۆڤە دەکرێت. ئاستی ژێرەوە بریتییە لە تویێی سێرمۆدینامیکیی تەنۆلکەکانی شێوە تۆپی بیلیارد کە بە تەواوەتی بەشێوەی هەڕەمەکی دەجووڵێن. ئەم تویێیە بەرپرسە لە دروستکردنی یاساکانی نەزم لە بێنەزمییەوە کە فەرمانڕەوان لەسەری شتەکانی وەک بزوێنەری هەڵمین. تویێی دواتر تویێی تەنۆلکە بنچینەییەکانە، کە لەژێر فەرمانڕەوایی یاساکانی کوانتەمدان. لایەنە بینراوەکانی زۆرترینی تەنەکان کە ئێمە لە دەوروبەرمان دەیبینین، ڕیشەکەیان دەچێتە تویێی سێرمۆدینامیکی یان نیوتنی، بەڵام زیندەوەرە زیندووەکان ڕیشەکان لە تویێی ژێرەوەترە، بناغەی کوانتەمیی هەقیقەت.

ئێمە پێشتر پشکنینمان بۆ بەشێک لە پرسیارەکە کردووە. ئیروین شرۆدینگێر زیاتر لە ٦٠ ساڵ لەوەوپێش ئاماژەی بەوە کردووە کە ژیان جیاوازە لە جیهانی نازیندوو، چونکە ڕێکخراو و نەزم پێدراوە تەنانەت لە ئاستی مۆڵکیوڵی. ئەمە ژیان گرێ دەدات بە ڕێگەی پەتیی بەهێزەوە لە ئاستی مۆڵکیوڵییەوە بە جیهانی شتە گەورەکان، بە شێوەیەک کە ڕووداوە کوانتەمییەکان لە ناو بایۆمۆڵکیولێکی تەنیا، دەکرێت کاریگەری لەسەر هەموو بوونەوەرەکە هەبێت: جۆرێک ڕوونکردنەوە و دەلالەت لە کوانتەمەوە بۆ جیهانی ماکرۆسکۆپی کە لە لایەن یەکێک لە پێشڕەوانی میکانیکیی کوانتەمی بە ناوی پاسکوال جۆردەن، جەختی لەسەر کرایەوە.

هەڵبەت کاتێک شرۆدینگێر و جۆردەن سەبارەت بە بایۆلۆجی دەیاننووسی، کەس نەیدەزانی جین لە چی دروست بووە یان ئەنزیمەکان یاخود ڕۆشنەپێکهاتن چۆن کار دەکەن. بەڵام نیو سەدە توێژینەوەی چڕ لەسەر بایۆلۆجیی مۆڵکیولی نەخشەیەکی وردی زۆر چاکی سەبارەت بە ڕێسای بایۆمۆڵکیوڵەکان لە ئاستی ئەتۆمە تاکەکانی DNA یان پرۆتین خستووەتە بەردەست. پێشگۆییەکانی و

بەرگرییەکـانی پێشـڕەوانی فیزیـای کـوانتەم بە تـازەیی سـەلمێنراون. سیســـتەمە ڕووناکییەکـــان، ئەنزیمەکـــان، زنجیـــرەی هەناســـەدان و جینەکان ڕیساکەیان بەندە لەسـەر شوێنی تەنۆلکە تاکەکان و جوولە کوانتەمییەکەیـــان، بە ڕاســـتی هەناســـەدان و زینـــدوویەتیی ئـــێمە دەپارێزێن و کاری ئەنزیمەکان کە جەستەی ئێمە دروست دەکەن یان ڕۆشـــنەپێکهاتن کە بە نزیکەیـــی هەمـــوو ژیـــانی زینـــدوو لەســـەر هەسارەکەمان دروست دەکات، بە هۆی ئەوانەوەیە.

هێشـتا زۆر پرسـیار دەمێنێتەوە، کە لە پرەنسـیپدا سـەروکاریان لەگەڵ ئەوەوە هەیە چـــۆن ژیـــان لە نـــاوی ناوەنـــدی گەرم و تەڕی دەریـــای بایۆمۆلکیولەکان لە ناو خانەیەکی زیندوو هاوباریی کوانتەمی دەپارێزێت. پڕۆتینەکـــان یـــان DNA وەک ماشـــینی دروســـتبوو لە پـــۆلا بە بەشـــی ڕەقەوە نـــین، هاوشـــێوەی ئامرازەکـــانی بەکارهـــاتوو بە دەرخســـتنی کـاریگەرییە کوانتەمییەکـان لە تاقیگەکـانی فیزیـا؛ ئەوان ڕێسـای نەرم و شـلن کە بە بەردەوامـی لە بەردەم لەرینەوەکـانی خۆیـان و هەروەهـا هەمیشــە مۆلکیــولە شــێوە تــۆپە بیلیاردییەکــانی دەرەوەی خۆیــان لــێ دەکەویـت، واتە دەســـترێژێکی بەردەوامـــی غەلبەغەلبـــی مۆلکیـــولی (ئەم چەمـکە زۆر جـار بـۆ شـرۆڤەی لەریـنەوەی مۆلکیـولی ناهاوبـار بە کـار دێـت). چـۆنێتیی پاراسـتنی ئەم هاوبـارییە وەک مەتەڵێـک لە زیندەناسـیدا مـــاوەتەوە؛ بەڵام وەک دەیـــدۆزینەوە، ئەمە یەکـــێکە لە ســـەرەتاکان بـــۆ وردبوونەوە لەوەی کە چۆن ژیان کار دەکات؛ تێڕوانینگەلێک کە لەوانەیە بۆ تەکنەلۆجیای کوانتەمی لە داهاتوودا سوودی لێ ببینرێت.

باش، باش، باش، لەرینەوە باشەکان (بۆپ بۆپ)

نووســـەرانی چەنـــد کتێبکـــی زانســـت بـــۆ هەمـــوان، پێویســـتە بە نووسراوەکانیاندا بچنەوە؛ بەڵام لەم بەشـەی کۆتاییدا ئێمە شـرۆڤەی ئەو ئەنجامـــانە دەکەیـــن کە بە دروســـتی دەرکەوتـــوون. لە ڕاســـتیدا زانستی زیندەناسیی کوانتەمی زۆر بە خێرایی بەرەو پێشەوە دەچێت،

لە زۆر لە بـــابەتە جیاوازەکانـــدا، بە ناچـــاری ئەم کتێـــبە لە کـــاتی چاپبوونیـــــدا دوا دەکەوێـــــت. گەورەتـــــرین سەرســــــامبوون کە لە لێکۆڵینەوەکانی ئەم دواییە دەرکەوتووە، بریتییە لە تێڕوانینە نوێیەکانە بـۆ چـۆنێتیی کـۆپیکردنی ژیـان لەگەڵ لەرینـەوە مۆلکیولییەکـان یـان غەڵبەغەڵب.

یەکێـــک لە ئەنجـــامە زۆر سەرنجڕاکێشــــەکان لەم بـــوارەدا لە لێکۆڵینەوەکـانی ڕۆشـنەپێکهاتنەوە دەرکەوتـووە. دەبێت لە بەشـی ٤وە لە بیـــرت بێـــت کە میکرۆبەکـــان و گەڵای ڕووەکەکـــان، پـــڕن لە کلرۆپلاسـت بە ژمـارەیەکی زۆر مۆلکیـولی ڕەنگـی کلرۆفیـل و یەکەم هەنگاو لە ڕۆشنەپێکهاتندا بریتییە لە وەرگرتنی فۆتۆنێکی ڕوونـاکی بە ڕێگەی مۆلکیولە ڕەنگییەکـانەوە و گـۆڕینی بە ئیگزایتـۆنێکی لەراوە، کە لە ڕێگەی دارسـتانی کلـرۆفیلەوە دەگوشـرێتە نـاو ناوەنـدی کـاردانەوە. باسـمان کـرد کە واژۆی هاوبـاری، لێـدانی کـوانتەمی، لەم پرۆسـەی گواسـتنەوەی وزەدا هەسـتی پـێ کـراوە- بەڵـگەی ئەوەی بە نزیکەیـی ١٠٠%ی چوسـتی بە ڕێـگەی ئیگزایتـۆنی هەنگـاوی کـوانتەمی دەگـاتە ناوەنـدی کارلێـک. بەڵام چـۆن ئیگزایتۆنەکـان ڕەفتـاری شێوەشـەپۆلی خۆیـــان دەپـــارێزن، ئەویـــش لە نـــاو ناوەنـــدێکی مۆلکیـــولیی پـــڕ لە غەڵبەغەڵب لە نـاو خـانەیەکی زینـدوودا، کە تـا ئەم دواییە مەتەڵ بـوو. ئـێمە ئێسـتا دۆزیومـانەتەوە کە لەوە دەچێـت سیسـتەمە زینـدووەکان هەوڵ نـردەن خۆیـان لە لەرینـەوەی مۆلکیـولی بە دوور بگـرن، بەڵکـو لەگەڵ لێدانەکانی سـەما دەکەن.

لە بەشـی ٤دا ئێمە هاوبـاریی کوانتەمیمـان لە ڕۆشـنەپێکهاتن وەک جۆرێـک ڤێرژنـی مۆلکیـولی ئورکیسـترا "لە تـۆن (ئـاواز)" و "لە کـات" پێشکەش کرد، کە هەمـوو مۆلکیولەکـانی ڕەنگدانە هاوبارەکـان هەمـان لێدانیان هەیە. بەڵام کێشەی سیستەمەکە بە ناچاری زاڵبوونە بەسـەر نـــاو خـــانەدا کە بـــڕی غەڵبەغەڵـــبەکەی ئێجگـــار زۆرە. ئورکیســـترای مۆلکیـــولی لە نـــاو هـــۆڵێکی بێدەنگـــدا ئاهەنـــگ ناگێڕێـــت، زۆرتـــر لە

ناوەڕاستی قەرەبالغیی شارێک دەچێت، لە ناو قەرەبالغی و دەنگەدەنگی مۆلکیولی سەر لە هەر کام لە موزیکژەنەکان تێک دەچێت، کە ئەگەری ئەوە هەیە لەرینەوەکانی ئیگزایتۆن لە تۆن بچێتە دەرەوە و هاوبارییە وردە کوانتەمییەکە لەکیس بچێت.

ئەم کێشانە بۆ ئەو ئەندازیار و فیزیاییانەی هەوڵ دەدن ئامێری کۆمپیوتەری کوانتەمی دروست بکەن، ئاشنایە. ئەوان ٢ ستراتیژی دەگرنە پێش بۆ ئەوەی خۆیان لە غەڵبەغەڵب بە دوور بگرن: سەرەتا دێن سیستەمەکە تا نزیک ٠ی ڕەها سارد دەکەنەوە. لەم پلە گەرمییە زۆر نزمەدا، لەرینەوە مۆلکیولییەکان دەمرن و غەڵبەغەڵبە مۆلکیولییەکان کۆنترۆڵ دەبن. دووەم، ئەوان ئامرازەکانیان لە ناو هاوتای مۆلکیولی ستۆدیۆی دەنگ دەپارێزن، بە ڕێگەی هێشتنەوەی هەر چەشنە نۆیزێکی دەوروبەر لە دەرەوە. هیچ ستۆدیۆیەکی دەنگ لە ناو خانە زیندووەکان، ڕووەکەکان و میکرۆبە زیندووەکاندا لەو ناوەندە گەرمەدا نییە، ئەی کە وا بوو چۆن ڕۆشنەپێکهاتن ئاهەنگە هاوبارییە کوانتەمییەکەی بۆ ماوەیەکی درێژ دەپارێزێت؟

وەڵامەکە وا دەردەکەوێت کە ناوەندە کارلێکەکان لە ٢ جۆر نۆیزی مۆلکیولی سوود وەردەگرن بۆ پاراستنی هاوباری لەجیاتیی تێکدانی. یەکەمیان بریتییە لە نۆیزێکی تا ڕادەیەک لاواز، کە هەندێک پێی دەگوترێت نۆیزی سپی (white noise) کە زۆرتر هاوشێوەی شەپۆلی TV و ڕادیۆیی وەستاوە، کە بە پانتایی هەموو لەرەلەرەکان بڵاو دەبێتەوە (فراوانیی لەرەلەرەکان زۆر بچووکە، هەر بۆیە زۆر وزە نابەن). ئەم نۆیزە سپییە لە هەڵبەزودابەزی مۆلکیولی گەرمایی، مۆلکیولەکانی دەوروبەرەوە دێت، وەک ئاو یان ئایۆنی کانزایی کە لە ناو خانەکانی زیندوو چەپێنراون. دووەم جۆر بریتییە لە نۆیزی ڕەنگی (colored noise) کە بەرزترە و سنووردارە بە لەرەلەرە دیاریکراوەکان، وەک چۆن شریتێکی بەرتەسکی لەرەلەرەکان لەسەر شەبەنگی کارۆموگناتیسی پێی دەگوترێت شەبەنگی کارۆموگناتیسی.

سـەرچاوەی نـۆیزە ڕەنگییەکـان بـریتییە لە لەریـنەوەی ڕێسـا مۆڵکیولییەکـان لە نـاو کلرۆپلاسـتدا (chloroplast) وەک مۆڵکیـولە خـانە ڕەنگییەکـان ((chlorophyll) (pigment و داربەسـتە پرۆتینییەکـان کە ئەوان لە شـوێنەکەدا ڕادەگرێـت، کە پێـک هـاتووە لە دەنکەکانی ڕیشاڵی ترشەکانی ئامینۆ کە لار دەبێت و لـوول دەبێت لە هەندێک ڕوخساردا، کە گونجاوە بۆ هێشتنەوەی مۆڵکیولە ڕەنگییەکان. ئەم لاربـوون و لوولبـوونە نەرمـن و دەتـوانن بـلەرنەوە، بەڵام ئەوان تەنها هەنـدێک لەرەلەری دیاریکراویـان هەیە، زۆرتـر هاوشـێوەی ژێـی گیتارێک. ئەم لەرینەوانە نۆیزی ڕەنگی دروست دەکات کە هاوشـێوەی تەلی موزیکە، کە تەنها پێک هاتووە لە چەند نۆتێک. هەردووی نۆیزی سپی و ڕەنگی لە لایەن سیسـتەمی کـارلێکی ڕۆشـنەپێکهاتنەوە بە کـار دێت، پارمەتیی پاراستنی ئیگزایتۆن بەرەو ناوەندی کارلێک دەدات.

سـەرەداوێک بـۆ چـۆنێتیی سـوودبینین لەم جـۆرە لە لەریـنەوەی مۆڵکیـولی لە لایەن ٢ گـرووپەوە لە سـاڵی ٢٠٠٨ – ٢٠٠٩، بە شـێوەی سـەربەخۆ دۆزرایەوە. تیمێکـی ژنـومێرد لە بەریتانیـا مـارتین پلینیـۆ و سوسانا هیولگا (Martin Plenio and Susana Huelga) کە بـۆ مـاوەیەکی درێــژ حەزیــان لە کــاریگەریی دەرەکیــی نــۆیز لەســەر سیستەمە داینامیکییە کوانتەمییەکان کاتێک سەبارەت بە تاقیکردنەوەی ٢٠٠٧ لەسـەر ڕۆشنەپێکهاتن ئاگـادار بوونەوە، کە ئێمە لە بەشـی ٤دا قسـەمان لەسـەری کـرد، بە خێرایـی چەنـدین وتـاری زانسـتییان بـڵاو کـردەوە کە بە بەربـڵاوی پێشـوازیی لـێ کـرا، ئەوان مۆدێلێکیـان پێشکەش کرد کە گونجاو بێت بۆ بابەتەکە[١٠٢].

---

102 M. B. Plenio and S. F. Huelga, "Dephasing-assisted transport: quantum networks and biomolecules," New Journal of Physics, vol. 10 (2008), 113019; F. Caruso, A. W. Chin, A. Datta, S. F. Huelga and M. B. Plenio, "Highly efficient energy excitation transfer in light-harvesting complexes: the fundamental role of noise-assisted transport," Journal of Chemical Physics, vol. 131 (2009), 105106–21.

ئەوان پێشنیازیان کرد کەناوەوەی خانەیەکی زیندووی پڕ لە غەڵبەغەڵب لەوانەیە واکاربکات کە داینامیکی کوانتەمی بخاتە کار، کە هاوبارییی کوانتەمی لە ئاوێتەکانی ڕۆشنەپێکهاتن دەپارێزێت و سیستەمە بایۆلۆجیکییەکانی تر، زۆرتر تێکی دەدەن. گرووپێکی تر لەودیو دەریای ئەتڵەسی، تیمێکی زانیاریی کوانتەمی بوون لە MIT بە ڕێبەرایەتیی سیس لۆید (Seth Lloyd)، کە سەرەتا وایان دادەنا ئایدیای بوونی میکانیکیی کوانتەمی لە ڕووەکەکان گێلانەیە. پێکەوە لەگەڵ زانکۆ نزیکەکەیان، زانکۆی هارڤارد، لۆید لە نزیکەوە وردبوونەوە لە ئاوێتەی ڕۆشنەپێکهاتنی قەوزەکان کە لەواندا ئینگل و فلیمینگ (Fleming and Engel) لێدانی کوانتەمیان (quantum beating) دۆزیبووەوە[١٠٣].

ئەوان پیشانیان دا کە گواستنەوەی ئیگزایتۆنە هاوبارە کوانتەمییەکان دەکرێت، بە هۆی نۆیزی ناوەندەوە دوا بکەوێت یان یارمەتی بدرێت، کە بەندە لەسەر ئەوەی نۆیزەکە چەندێک بەرز بێت. ئەگەر سیستەمەکە زۆر سارد و بێدەنگ بێت، کەوابوو ئیگزایتۆن حەزی لە لەرینەوەی بێت، ئامانج هەیە، لە ڕاستیدا بەبێ ئەوەی هیچ شتێکی تایبەتی بێت؛ لە کاتێکدا لە ناوەندێکی زۆر گەرم و پڕ لە نۆیزدا شتێک کە پێی دەگوترێت کاریگەریی کوانتەمیی زینۆ (quantum Zeno effect) دێتە ئاراوە کە گواستنەی کوانتەمی دەوەستێنێت. لە نێوان ئەم ٢ ئاستەدا ناوچەی گۆلدیلۆک (Goldilocks zone) هەیە، کە لەرینەوەکان یارمەتیدەری گواستنەوەی کوانتەمین.

کاریگەریی کوانتەمیی زینۆ بە ناوی فەیلەسووفی کۆنی یۆنانی، زینۆی ئێلیا (Zeno of Elea) ناو نراوە، کە پرسە فەلسەفییەکانی لە

[103] M. Mohseni, P. Rebentrost, S. Lloyd and A. Aspuru-Guzik, "Environment-assisted quantum walks in photosynthetic energy transfer," Journal of Chemical Physics, vol. 129:17 (2008), 174106

فـۆرمی کۆمەڵێـک پـارادۆکس پێشـکەش دەکـرد، کە یەکێـک لەوان ناسـراوە بە پارادۆکسـی تیـر (arrow). زینـۆ وای دانـا تیرێـک کە هاوێژراوە دەبێت لە هەر ساتێکدا لە شوێنێکی فەزادا بێت. ئەگەر ئەم تیـرە بکرێـت لە سـاتێکدا ببینرێـت، ناکرێـت جیـا بکـرێتەوە لە تیرێکـی بێجـووڵە کە لە هەمـان شـوێندا هەڵواسـراوە. پارادۆکسـەکە بـریتییە لەوەی کە فڕینـی تیـرەکە پێـک هـاتووە لە زنجیـرەیەک لەم پـارچە بەسـتوانە لە کاتـدا، بە تیرێکـی بێجـووڵەوە لەسـەر هەر خـاڵێکی ڕێچکەکەی. لەگەڵ ئەوەشـدا کاتێک پارچەکـان لە پاڵ یەک دادەنـرێن، تیـرەکە دەجووڵێـت. کەوابـوو چـۆن دەکرێـت زنجیـرەیەک لە وەهـا جووڵەیەکی ٠ بە جووڵە ڕاستەقینەکە زیاد بکرێت. وەڵامەکەی ئێستا ئـێمە دەیـزانین، کە مەودایەکـی سـنووورداری کـات پێـک نەهـاتووە لە زنجیـــرەیەک یەکەی دابەشـــنەبووی کـــاتی ٠. بەڵام ئەم شـــیکارە چـاوەڕوانی داهێنـانی ژمێرکـاری لە سـەدەی ١٧ بـوو، زیـاتر لە ٢٠٠٠ سـاڵ دوای ئەوەی زینـۆ مەتەڵەکەی پێشـکەش کـرد. لەگەڵ ئەوەشـدا پارادۆکسـی زینـۆ، لانـیکەم نـاوەکەی، وەک لایەنێکـی میکـانیکیی کوانتەمی مـایەوە. تیرە کوانتەمییەکان بە ڕاستی دەکرێت بە کرداری بینین لە کاتدا بچەمێن.

لە سـاڵی ١٩٧٧دا، فیزیاییەکـان لە زانکـۆی تگـزاس وتـارێکی زانسـتییان بـڵاو کـردەوە کە پیشـانی دەدا چـۆن شـتێک هاوشـێوەی پارادۆکسی تیرەکەی زینۆ، لە جیهانی کوانتەمدا ڕوو دەدات[١٠٤].

کاریگەریی کوانتەمیی زینـۆ، وەک ناسـراوە شـرۆڤەی ئەوە دەکـات چۆن بینینی بەردەوام دەکرێت پێشگیری بکات لە ڕوودانـی ڕووداوە کوانتەمییەکان. بۆ نموونە، ئەتۆمێکی ڕادیۆئاکتیڤ ئەگەر لە نزیکەوە و بە بەردەوامـی سـەیر بکرێت هەرگیز هەڵناوەشـێت- کـاریگەرییەک کە

---

[104] B. Misra and G. Sudarshan, "The Zeno paradox in quantum theory," Journal of Mathematical Physics, vol. 18 (1977), p. 746: http://dx.doi.org/10.1063/1.523304

زۆر جار بە قسەی نەستەقی "کترییەک کە بەردەوام سەیری بکەیت هەرگیز ناکوڵێت". کتریی ڕاستەقینە هەڵبەت لە کۆتاییدا دەکوڵێت؛ بەڵام کاتێک تۆ پێویستیت بە کووپێک چایە، هەست دەکەیت کات زۆر هێواش دەبێتەوە. بە هەرحاڵ، هەروەک چۆن هایزەنبێرگ ئاماژەی پێ دەکات، لە ناوچەی کوانتەم کرداری سەیرکردن (پێوان) بە ناچاری دۆخی ئەو شتە دەگۆڕێت کە سەیر دەکرێت.

بۆ بینینی چۆنێتیی پەیوەندیی پارادۆکسی زینۆ بە ژیانەوە، دەگەڕێینەوە بۆ هەنگاوی گواستنەوەی وزە لە ڕۆشنەپێکهاتندا. وێنای گەڵایەک بکە کە فۆتۆنێکی خۆر هەڵدەمژێت و وزەکەی دەگۆڕێت بە ئیگزایتۆنێک. بە شێوەی کلاسیکی وا لەبەرچاو گیراوە، ئیگزایتۆنەکە تەنۆلکەیەکە لە فەزا و کاتدا جێگیر بووە. بەڵام وەک تاقیکردنەوەی جووتکەلەبەری دەری خستووە، تەنۆلکە کوانتەمییەکان هەڵگری سیفەتێکی شەپۆلین کە تواناییان دەداتێ بۆ ئەوەی هاوکات لە چەندین شوێندا هەبن، کە پێی دەگوترێت سەریەککەوتنی کوانتەمی. ئەم سیفەتە شەپۆلییە ئیگزایتۆنییە کە بۆ چوستیی گواستنەوەی کوانتەمی بنچینەییە، ئەو تواناییەیان دەداتێ کە وەک شەپۆلەکانی ئاو چەندین ڕێچکە هاوکات بگرنە پێش. بەڵام ئەگەر سیفەتی شەپۆلی کوانتەمی بە هۆی بەربەستە مۆڵکیوڵییە نۆزییەکانی داباریی ناو گەڵاوە بشکێت، کەوابوو سیفەتە شەپۆلییەکەی لەکیس دەچێت و دەبێت بە تەنۆلکەیەک لە ١ شوێنی تەنیادا. لە بنەڕەتدا نۆیز وەک جۆرێک پێوانی بەردەوام کار دەکات ئەگەر زۆر بەهێز بێت، کەوابوو زۆر پێش ئەوەی هاوباریی کوانتەمی بەختی ئەوەی هەبێت یارمەتیی ئیگزایتۆن بدات بگات بە ئامانجەکەی، داباری زۆر بە خێرایی دێتە ئاراوە. کاریگەریی زینۆی کوانتەمی ئەمەیە: بە بەردەوامی هاڕەکردنی شەپۆلی کوانتەمی بۆ ناو جیهانی کلاسیکی.

کاتێک تیمەکەی MIT بەراوردی کاریگەریی نۆیز/ لەرینەوەی مۆڵکیوڵییان لە ئاوێتەی ڕۆشنەپێکهاتنی باکتریایی کرد، دۆزییانەوە کە

گواستنەوەی کوانتەمی لەو پلە گەرمییەدا کە میکرۆب و ڕووەکەکان ڕۆشنەپێکهاتن ئەنجام دەدەن، باشترینە. یەکگرتنەوەی زۆر باش لە نێوان باشترین چوستیی گواستنەوە و ئەو جۆری پلەگەرمییەی کە لەودا میکرۆبەکان و ڕووەکەکان دەژین، سەرنجراکێشە و تیمەکە گەیشتن بەو ئەنجامە کە ٣ ملیارد ساڵ هەڵبژاردنی سروشتی بە باشی ئاستی کوانتەمیی ئەندازیاریی پەرەسەندنی گواستنەوەی ئیگزایتۆنەکانی بۆ باشترکردنی کارلێکە کیمیاییە بایۆسفرییەکانی ڕێک خستووە. وەک ئەوان لە وتارێکی دواتردا ئاماژەی پێ دەدەن، "هەڵبژاردنی سروشتی مەیلەو وەگەڕخستنی سیستەمە کوانتەمییەکانە بۆ پلەی هاوبارییی کوانتەمی کە باشترین چوستی دەدات بە دەستەوە"[١٠٥].

بە هەرحاڵ، لەرینەوەی باشی مۆلکیولی تەنها سنوردار نییە بە نۆیزە سپییە جۆراوجۆرەکان. نۆیزی ڕەنگیش کە بە هۆی کۆمەڵەیەکی سنووردار لە خودی مۆلکیولەکانی کلرۆفیل دروست دەبن، یان تەنانەت پرۆتینەکانی دەوروبەر، ئێستا وا بیر دەکرێتەوە ڕۆڵی سەرەکی لە پارێزگاری لە داباری لە دەوربەردا هەبێت. ئەگەر ئێمە وێنای نۆیزی گەرمایی سپیی وەک ڤێرژنی مۆلکیولی ستاتیکیی ڕادیۆیەکی بە خراپی ڕێکخراو بکەین، کەوابوو لەرینەوە باشەکانی نۆیزە ڕەنگییەکان نزیکن لە لێدانێکی سادەی بیچ بۆیس بۆپ بۆپ لە ئاوازەکەیاندا بە لەرینەوەی باش. بەڵام لە بیرت بێت کە ئیگزایتۆن بە شێوەی شەپۆل ڕەفتار دەکەن بۆ ئەوەی ئەو لێدانانە دروست بکەن کە گرووپەکەی گراهام فلیمینگ دەریان خستن. ٢ وتاری زانستیی ئەم دواییە لە لایەن گرووپی مارتین پلینۆ (Martin Plenio) لە زانکۆی ئولم لە ئەڵمانیا لە ساڵی ٢٠١٢ و ٢٠١٣دا شرۆڤەی ئەوە دەکات، کە

[105] S. Lloyd, M. Mohseni, A. Shabani and H. Rabitz, “The quantum Goldilocks effect: on the convergence of timescales in quantum transport,” arXiv preprint, arXiv:1111.4982, 2011.

ئەگەر لەرینەوەی ئیگزایتۆنەکان و لەرینەوەی پرۆتینەکان - نۆیزە ڕەنگییەکان - لێدانی هەمان تەپڵ بێت، کەوابوو کاتێک ئیگزایتۆنە هاوبارەکان بە هۆی نۆیزی سپییەوە پلتۆکیان بۆ دەرەوەی تۆن لێ دەکەوێت، دەکرێت بە هۆی لەرینەوەی پرۆتینەکان پلتۆکی لێ بدرێت و بگەڕێتەوە بۆ تۆن[١٠٦].

لە ڕاستیدا لە وتارێکی زانستیی نەیچەر لە ٢٠١٤دا، ئەلیکساندەر ئۆلایا کاسترۆ لە کۆلێژی زانکۆی لەندەن لە لێکۆڵینەوەیەکی جوانی تیۆریدا پیشانی دا کە ئیگزایتۆن و لەرینەوەی مۆلکیولی - نۆیزی ڕەنگی - تاک وزەیەکی کوانتەمی بە هاوبەش دەکەن، کە ناکرێت بەبێ میکانیکیی کوانتەم شرۆڤە بکرێت[١٠٧].

بۆ تێگەیشتنی تەواو لە بەشداریی ٢ جۆر نۆیزی مۆلکیولی لە گواستنەوەی ئیگزایتۆندا، با جارێکی تر بگەڕینەوە بۆ هاوشێوەیی مـــوزیکی و تەســـەور بکەیـــن سیســـتەمی فۆتـــۆنی بـــریتییە لە ئۆرکیسترایەک، بە ئامرازی جۆراجۆرەوە کە ڕۆڵی مۆلکیولی ڕەنگی دەگێڕن و ئیگزایتۆن بریتییە لە تۆنی موزیکی. وای دادەنێین کە موزیک بە سۆلۆی ڤیالۆن دەست پێ دەکات، پیشاندەری مۆلکیولێکی پیگمێنت کە فۆتۆنێک هەڵدەمژێت و دەیگۆڕێت بۆ لەرینەوەی ئیگزایتۆن. موزیکەکەی ئیگزایتۆن لە دواییدا لە لایەن ئامێرە ژێیەکانی ترەوە هەڵدەگیررێت، پاشان ئامێرە باییەکان سەرئەنجام دەگات بە ســـازە کوتێنەرەکـــان، کە ڕیـــتمەکەی ئەو ڕۆڵـــی ناوەنـــدی کارلێـــک

---

[106] A. W. Chin, S. F. Huelga and M. B. Plenio, "Coherence and decoherence in biological systems: principles of noise-assisted transport and the origin of long-lived coherences," Philosophical Transactions of the Royal Society A, vol. 370 (2012), pp. 3658–71; A.W. Chin, J. Prior, R. Rosenbach, F. Caycedo-Soler, S. F. Huelga and M. B. Plenio, "The role of nonequilibrium vibrational structures in electronic coherence and recoherence in complexes," Nature Physics, vol. 9: 2 (2013), pp. 113–18.

[107] E. J. O'Reilly and A. Olaya-Castro, "Non-classicality of molecular vibrations activating electronic dynamics at room temperature," Nature Communications, vol. 5 (2014), article no. 3012.

دەگێڕێت. دەکرێت وێنای زیاتر بکەین کە ئەم موزیکە لە شانۆیەکدا لێ دەدرێت بە بوونی کەسێکەوە کە نۆیز دروست دەکات، جا بە گواستنەوەی کورسی بێت، یان کۆکە و پژمە. کەسەکە دروستکەری نۆیزی ڕەنگی دەبێت.

• سەرەتا وای دابنێین کە ئێمە لە شێوەیکی زۆر قەرەباڵغدا هاتووینەتە ناوەوە بە بوونی بەشداربوویەک کە دەنگەدەنگ دروست دەکات، کە موزیکژەنەکان ناتوانن گوێیان لە خۆیان یان هاوکارەکانیان بێت. لەو غەڵبەغەڵبەدا یەکەم ڤیالۆن دەست دەکات بە لێدانی بەستەیەک، بەڵام موزیکژەنەکانی تر ناکرێت گوێیان لێ بێت، هەر بۆیە ناکرێت میلۆدییەکە هەڵبگرن. ئەمە سیناریۆی زینۆی کوانتەمییە، لێرەدا نۆیزی زۆر پێش بە گواستنەوەی کوانتەمی دەگرێت. بە هەرحاڵ، لە ئاستێکی زۆر نزمی نۆیزدا، تۆ بڵێ شانۆیەکی چۆڵ بەبێ بوونی هەر چەشنە گوێگرێک، کە موزیکژەنەکان تەنها گوێیان لەیەکە، هەموویان یەکەم میلۆدی هەڵدەگرن، هاوشێوەی تونێک کە تۆ ناتوانیت لە سەرت دەری بکەیت و بەردەوام لێی دەدەیت، با بڕوات. ئەم ئایدیایە دژە بە هاوباریی کوانتەمیی زۆر، کە لەوێدا ئێگزایتۆن بەردەوامی دەدات بە لەرینەوە لە ناو هەموو سیستەمەکەدا، بەڵام بە شێوەیەکی تایبەت، لە هیچ شوێنێکدا کۆتایی پێ نایەت.

لە ناوچەی گۆلدیلۆک، تەنها بە بڕێکی دروست لە نۆیزی پێدراو لە لایەن بەشداربوویەکی خود - کۆنترۆڵ، پشێوییەکە بەسە بۆ پاڵپێوەنانی موزیکژەنەکان تا دەربچن لە مۆنۆتۆنە دووبارەبووەکان بۆ لێدانی تەواو بە هەموو داینامیکییەکەیەوە. هەندێک لە ئامێرەکان هێشتا لێدانی جیاوازیان دەبێت، کاتێک فەزاکە بە هۆی ئامادەبووەکەوە دەشکێت، بەڵام ڕێبەری ئورکێستەکە توانای ئەوەی هەیە بیانگێڕێتەوە بۆ ناو موزیکە پێدراوەکەی ڕۆشنەپێکهاتن.

گەڕانەوە بۆ هێزی جووڵێنەری ژیان

لە بەشی ٢دا لە بزوێنەری هەڵمین ورد بووینەوە و باسمان کرد کە هێزی جووڵێنەرەکەی لە جووڵە هەڕەمییەکانی دەریایەک مۆڵکیوڵی شێوە تۆپ بیلیاردەکانەوە دێت و گێژاوی مۆڵکیوڵی بەرەو جووڵاندنی پیستۆنێک لە ناو سیلەندرێک پاڵ پێوە دەنێت. پاشان پرسیارمان کرد کە بۆ ژیان دەکرێت بە تەواوەتی حیساب لەسەر پرەنسیپی "نەزم لە بێنەزمی"ی سێرمۆدینامیکی بکرێت، کە بزوێنەرە هەڵمییەکان دەجووڵێنێت. ئایا ژیان تەنها بزوێنەرێکی هەڵمینی ئاڵۆزە؟

زۆر لە زانایان لەسەر ئەو باوەڕن کە وایە، بەڵام لە وردەکاریدا تۆزێک ئاڵۆزە. تیۆریی ئاڵۆزی (complex) لێکۆڵینەوە دەکات لەسەر حەزی فۆرمە دیاریکراوەکانی جووڵەی هەڕەمەکی (عەشوایی) بۆ دروستکردنی نەزم بە ڕێگەی دیاردەیەک کە پێی دەگوترێت دیاردەی خۆڕێکخستن. بۆ نموونە وەک پێشتر قسەمان لەسەر کرد، مۆڵکیوڵەکانی ناو شلە بە تەواوەتی بە شێوەی هەڕەمەکی دەجووڵێن. لەگەڵ ئەوەشدا کاتێک حەمامەکەت لە ئاو بەتاڵ دەکەیتەوە، بە شێوەی خۆبەخۆ جووڵەی ئاوەکە بەتاڵ دەبێتەوە کە سوڕانەوەکەی یان لە ئاڕاستەی میلی کاتژمێرەکاندایە، یاخود لە پێچەوانەکەی. ئەم نەزمە ماکرۆسکۆپییە دەکرێت لە شێوازەکانی گواستنەوەی گەرما لە مەنجەڵێکی هەڵمدا، لە تۆفانەکان و گەردەلوولەکان، خاڵی سووری هەسارەی موشتەری و زۆر دیاردەی سروشتیی تر ببینرێت. خۆڕێکخستن لە چەندین دیاردەی زیندەناسییشدا هەیە، وەک ڕەفتاری بەکۆمەڵی باڵندەکان، ماسی یان مێرووەکان یاخود تەنانەت لە شێوازە بازووەکەی زێبرا، یان ڕێسای فراکتاڵی ئاڵۆزی هەندێک لە گەلاکاندا ببینرێت. سەبارەت بەم سیستەمانە چی شتێک سەرنجڕاکیشە کە لە ئاستی ماکرۆسکۆپیک دەبینرێت، بەڵام لە ئاستی مۆڵکیوڵیدا نییە. ئەگەر تۆ میکرۆسکۆپێکی زۆر بەهێزت هەبێت، دەکرێت دەری بخات مۆڵکیوڵە تاکەکان کە لە مەجرای حەمامەکەوە دێنە خوارەوە و

تووشـــی سەرســـوورمان ببێـــت، کە جووڵەکەیـــان بە تەواوەتـــی هەڕەمەکییە بە تۆزێک لادانەوە لە ئاراستەی جووڵەی کاتژمێر یان پێچەوانەکەی. لە ئاستی مۆلکیولیدا تەنها پشێوی هەیە- بەڵام پشێوی بە حەزێکی بچووکەوە دەکرێت نەزم لە ئاستی ماکرۆسکۆپی دروست بکات: نەزم لە پشێوی، کە هەندێک جار بە پرەنسپ ناو دەبرێت[١٠٨].

نەزم لە پشێوی بە شێوەی واتایی بە تەواوەتی هاوشێوەی نەزم لە بێنەزمییەکەی ئێروین شرۆدینگێرە، کە وەک پێشتر شرۆڤەمان کردووە، لە پشت هێزی جووڵێنەری مەکینە هەڵمییەکاندایە. بەڵام وەک بینیومانە ژیان جیاوازە. هەرچەندە تا ڕادەیەک جووڵەی مۆلکیولی نارێکوپێک لە ناو خانە زیندووەکاندا هەیە، کرداری ڕاستەقینەی ژیان تا ڕادەیەک جووڵەی سەمای وردی تەنۆلکە بنەڕەتییەکان لە ناو ئەنزیمەکان، سیستەمی ڕۆشنەپێکهاتن، DNA و تا دوایی. ژیان لە نەزم لە ئاستی میکرۆسکۆپییەوە دەست پێ دەکات؛ هەر بۆیە نەزم لە پشێوییەوە ناکرێت تاکە لێکدانەوە بۆ لایەنە بنەڕەتییەکانی ژیان بێت. ژیان هیچ شتێکی لە شەمەندەفەری هەڵم ناچێت.

بە هەرحاڵ، توێژینەوەکانی ئەم دواییە پێشنیاز دەکات کە ژیان لەوانەیە ڤێرژنی کوانتەمی یەمەکینەی هەڵم بێت. ئەو پرەنسیپەی چۆن مەکینەکانی هەڵم کار دەکەن، سەرەتا لە سەدەی ١٩ لە لایەن پیاوێکی فەرەنسی بە ناوی سادی کارنۆوە (Sadi Carnot) هاتە ئاراوە. ئەو کوڕی وەزیری جەنگی ناپۆلیۆن، لازارۆ کارنۆ بوو، کە ئەرکی لە هێزی ئەندازیاریی سوپای لویی ١٦ وەرگرت. کاتێک پاشا لەسەر کار لا برا، لازارۆ کارنۆ وەک زۆربەی هاوڕێ ئەریستۆکراتەکانی نەکرد کە لە وڵات ڕابکات، بەڵکو پەیوەست بوو بە شۆڕشگێڕەکانەوە؛ بە هۆی وەزیرییەوە ئەو بە زۆری بەرپرس بوو لە دروستکردنی سوپای

---

108 I. Stewart, Does God Play Dice? The New Mathematics of Chaos (Harmondsworth: Penguin UK, 1997); S. Kauffman. The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution (New York: Oxford University Press, 1993); J. Gleick, Chaos: Making a New Science (New York: Random House, 1997).

شۆڕشــگێران کە هێرشـــی پرووســـییەکانی بەرپەرچ دایەوە. هەروەک چـۆن ستراتیژیســتێکی ســەربازیی درەوشــاوە بــوو، ماتمــاتیکزان و عاشقێکی موزیـک و شیعر بوو (نـاوی کوڕەکەی لە نـاوی شـاعیری سـەدەکانی ناوەڕاسـتی فـارس، سـەعدی شـیرازییەوە وەرگرتـووە)، هەروەهـا وەک ئەنـدازیارێک کتێبێکـی سـەبارەت بە چـۆنێتیی گـۆڕینی فۆرمێکی وزە بۆ فۆرمێکی تر لە لایەن مەشینەوە نووسی.

ســادی هەنــدێک لە حەزەکــانی بــاوکی وەک شۆڕشــگێڕی و نەتەوەپەرەســتی لە خــۆی پیشــان دا، لە ســاڵی ١٨١٤دا کە هێشــتا خوێندکار بوو، ئەو کاتەی پاریس دووبارە لە لایەن پرووسییەکانەوە گەمارۆ درا، بەشداریی لە بەرگریکردن لە پاریس کرد. ئەو هەندێک لە دیدگا ئەندازیارییەکانی باوکی درێژە پێ دا و کتێبێکی سەرنجڕاکێشـی بە ناونیشـانی گەڕانەوەکـان لەسـەر هێـزی جـووڵێنەری ئـاگر (١٨٢٣) نووســیی، کە زۆر جــار وەک ســەرەتای زانســتی ســێرمۆداینامیک دەناسـرێت. سـادی کـارنۆ لە دیزاینـی بزوێنەرەکـانی هەڵـم ئیلهـامی وەرگرت. ئەو باوەڕی وابوو هۆکاری ئەوەی نـاپۆلیۆن لە جەنگەکاندا شکستی خوارد، دەگەڕێتەوە بۆ ئەوەی ئینگلتەرا توانـای پیشەسازیی هەڵمینی قورسـتری هەبوو. بە هەرحـاڵ، هەرچەنـدە مەکینەی هەڵـم لە ئینگلتـەرا داهێنـرا و سـەرکەوتوانە بـازاڕی داگیـر کـرد، دیـزاینەکەی و دۆزینـەوەی هەڵەکـان و پێشخسـتنی کـاری ئەنـدازیارانی سـکۆتلاندیی وەک جەیمــز وات بــوو. نــاتەواوییەکە بریتــی بــوو لەوەی هــیچ بنچینەیەکی تیۆری لەئـارادا نەبوو. کـارنۆ گەڕا بە دوای چارەسـەری ئەم بـارودۆخە بە شـرۆڤەی ماتمـاتیکیی ئەو بـابەتەی کە چـۆن هەر بزوێنەرێکــی گەرمــایی، وەک ئەوەی کە شــەمەندەفەرە هەڵمییەکــان لێـدەخورێت، دەکرێـت لە ڕێـگەی پرۆسـەیەکی سـووڕییەوە بە کـار بهێنرێت، ئەوەی کە ئێستا پێی دەگوترێت سووڕی کارنۆ.

سـووڕی کـارنۆ شـرۆڤەی ئەوە دەکـات کە چـۆن بزوێنەرەکـانی گەرمـا وزە لە شـوێنێکی سـاردەوە بـۆ شـوێنێکی گەرم دەگـوازنەوە و

هەندێک لەم وزەیە پێش ئەوەی بگەڕێتەوە بۆ دۆخی سەرەتایی، دەبێت بە کاری سوودمەند. بۆ نموونە بزوێنەرێکی هەڵم گەرما لە مەنجەڵی گەرما بۆ چرکەرەوە دەگوازێتەوە، کە ساردکەرەوەیە و لەم پرۆسەی کۆنترۆڵکردنەدا هەندێک لەم وزە گەرماییە وەک هەڵم جووڵەی پیستۆنێک و بەم ڕێگەیە ویلەکان و لۆکۆمۆتیڤێک دەخاتە کار. ئاوی ساردەوەبوو دەگەڕێتەوە بۆ بۆیلەر و ئامادە دەکرێت بۆ گەرمبوونەوەی دووبارە و سووڕێکی تر کارنۆ دەست پێ دەکاتەوە.

پرەنسیپەکەی سووڕی کارنۆ بۆ هەموو جۆرەکانی بزوێنەر بە کار دەهێنرێت، کە بە کار دێت بۆ گەرمکردن و ئەنجامدانی هەر جۆرە کارێک، لە بزوێنەرەکانی هەڵمەوە کە شۆڕشی پیشەسازیی گەیاندی بە بزوێنەرەکانی بەنزین کە ئۆتۆمبیلەکەت دەجووڵێنێت یان پەمپی کارەبایی کە سەلاجەکەت سارد دەکات. کارنۆ پیشانی دا کە چوستیی هەر کام لەمان- لە ڕاستیدا "هەر بزوێنەرێکی گەرمایی کە دەکرێت وێنا بکرێت"، وەک ئەو ئاماژەی پێ دەدا بەندە لەسەر چەند پرەنسیپێک. زیاتر لەوە، ئەو سەلماندی کە چوستیی هەر بزوێنەرێکی گەرمایی کلاسیکی ناکرێت زۆرترینێکی تیۆری تێپەڕێنێت، ئێستا ناسراوە بە ئاستی کارنۆ. بۆ نموونە مۆتۆرێکی کارەبایی کە ١٠٠ وات توانای کارەبا بە کار دەهێنێت بۆ ئەوەی ٢٥ وات توانای میکانیکی بدات، کە چوستییەکەی لە ٢٥%ە: لە ٧٥%ی وزە دەبێت بە گەرما. بزوێنەرە گەرماییە کلاسیکییەکان چوستییان زۆر بەرز نییە.

پرەنسیپەکان و سنوردارییەکەی بزوێنەری گەرمایی کارنۆ، سەروو ئاساییە و دەکرێت بە کار بهێنرێت بو خانە ڕووناکییەکان، وەک ئەوەی لەسەر بیناکان دەبینرێت، کە وزەی ڕووناکی هەڵدەمژێت و دەگۆڕرێت بۆ کارەبا. هەمان شت بۆ خانە ڕووناکییە بایۆلۆجیکییەکان لە ناو کلرۆپلاستی گەلاکان ڕاستە، کە لەم کتێبەدا باسمان کرد. وەها بزوێنەرێکی گەرمایی کوانتەمی شێوەی کارکردنەکەی هاوشێوەی بزوێنەرە گەرماییە کلاسیکییەکانە، بەڵام

ئەلیکترۆنەکـان لەجیـاتیی لێشـاوی فۆتۆنەکـانی ڕوونـاکی، جـێگەی سەرچاوەی گەرمـایی دەگرێتەوە. ئەلیکترۆنەکان سـەرەتا فۆتۆنەکـان هەڵدەمژن و دەورووژێن بۆ وزەیەکی بەرزتر. ئەوان کاتێک پێویستە کارێکی کیمیایی سوودمەند ئەنجام بدەن، دەکرێت ئەم وزەیە بدەنەوە. ئەم ئایدیایە دەکرێت بۆ کارەکەی ئالبێرت ئاینشتاین ببێت و دواتر لە پرەنسیپەکانی لەیزەردا ڕەنگی دایەوە. پرسەکە بریتییە لەوەی کە زۆر لەم ئەلیکترۆنانە وزەکەیان بە شێوەی گەرمـا لە دەست دەدەن پێش ئەوەی بەختـی ئەوە هەبێت بە کـار بهێنرێـت. ئەمە سـنووردارى بـۆ چوستیی وەهـا بزوێنەرێکـی گەرمـایی کـوانتەمی دروسـت دەکـات. لە بیرت بێت لە ناوەندی کارلێک بریتییە لە شـوێنی کۆتـایی بۆ هەمـوو ئەو ئیگزایتـۆنە لەراوەکـان لە ئاوێتەکـانی ڕۆشـنەپێکهاتن. پێشـتر ئێمە چـڕ بـووینەوە لەسـەر پرۆسـەی گواسـتنەوەی وزە؛ بەڵام کـرداری ڕاسـتەقینەی ڕۆشـنەپێکهاتن لە خـودی ناوەنـدی کارلێکدا ڕوو دەدات. لێـرەدا وزەی ناسـکی ئاکسـیۆنەکان دەگۆڕرێـت بـۆ وزەی کیمیـایی پـایەدار مۆڵکیوڵەکـانی هەڵگـری ئەلیکتـرۆن، کە ڕووەکەکـان یـان میکرۆبەکـان سـوودی لـێ وەردەگـرن بـۆ کـاری سـوودمەند وەک دروستکردنی ڕووەک و میکرۆبـی زیـاتر. ئەوەی لە ناوەنـدی کارلێک ڕوو دەدات، بە ڕادەی هەنگاوگواستنەوەی ئیگزایتـۆن سەرنجڕاکێشـە و تەنانەت نهێناویتریشە. بەئۆکسیدەبوون پرۆسـەیەکی کیمیاییە کە بە هـۆی ئەوەوە ئەلیکترۆنەکـان لە نـاو ئەتۆمەکانـدا دەجـووڵێن. لە زۆر بەئۆکسـیدبوونەکاندا ئەلیکترۆنەکـان چالاکـانە لە ئەتـۆمێکەوە (کە بە ئۆکسـیدە دەبێـت) دەگـوازرێتەوە بـۆ ئەتـۆمێکی تـر. بەڵام لە بەئۆکسـیدبوونێکی تـردا وەک سـووتاندنی خەڵـووز، دار یـان هەر سـووتەمەنییەکی تـری کـاربۆنی، ئەلیکترۆنەکـان کە بە شـێوەی سەرەتایی تەنها هیی ١ ئەتۆمن و لە کۆتاییدا لەگەڵ ئەتۆمەکانی تردا هـاوبەش دەکرێـت: لەدەسـتدانێکی تەواوی ئەلیکترۆنەکـان بە

بەخشـــەرێکی ئەلیکتـــرۆن (وەک چـــۆن بەهاوبەشـــکردنی پـــارچە چوکلێتێک هەڵگری لەدەستدانی چوکلێتە).

هەر بـۆیە کاتێـک کـاربۆن لە هەودا دەسـووتێت، ئەلیکترۆنەکـان لە ئۆربیتەکانی دەرەوە سـەرئەنجام هـاوبەش دەبـن لەگەڵ ئۆکسـیجن بـۆ دروســتکردنی بەنــدە مۆڵکیوڵییەکــانی دوانەئۆکســیدی کــاربۆن. لەم کـارلێکی سـووتاندنەدا، ئەلیکتـرۆنە دەرەکییەکـانی کـاربۆن تەنهـا تـا ڕادەیەک بەستراونەتەوە، هەر بۆیە تا ڕادەیەک ئاسانە کە بە هـاوبەش بکـــرێن. بەڵام ناوەنـــدی کـــارلێکی ڕۆشـــنەپێکهاتنی ڕووەک یـــان میکرۆبەکـــان، وزە بـــۆ کەنـــدنەوەی ئەلیکترۆنەکـــان بە دروســـتی لە مۆڵکیوڵەکـــــانی ئـــــاو کە لەودا ئەلیکترۆنەکـــــان زۆر بە قـــــایمی بەستراونەتەوە، بە کار دێت. بە شێوەی سەرەتایی جووتێک مۆڵکیوڵی H_2O لێک بڵاو دەبێتەوە بۆ ئەوەی مۆڵکیوڵێکی O_2 بەرهەم بێت، ٤ ئـــایۆنی هایـــدرۆجینی پۆزەتیـــڤ و ٤ ئەلیکتـــرۆن. هەر بـــۆیە چـــونکە مۆڵکیوڵەکانی ئاو ئەلیکترۆنەکانیان لە دەست دەدەن، ناوەندی کارلێک تاکە شوێنی سروشتییە کە ئاو تێیدا بە ئۆکساید دەبێت.

لە سـاڵی ٢٠١١دا فیزیـایی ئەمەریکـایی مـارلان سـکولی (Marlan Scully) کە لە ئێستادا هاوکات لە زانکۆی تگزاس A&M و پرینستن پرۆفیسۆرە، هاوشان لەگەڵ هاوکارەکانی لە چەندین زانکۆی ویـلایەتە یەکگرتووەکـان، ڕێگەیەکـی زیرەکـانەی شـرۆڤە کـرد کە بزوێنەرێکـی گەرمایی کوانتەمی گریمانەیی بە ئەندازیاری بکرێت بۆ دەربازبوون لە چوستییە سنوردارەکانی بزوێنەرێکی گەرمایی کوانتەمیی ستاندەر[١٠٩]. بۆ ئەنجامدانی ئەمە، نۆیزی مۆڵکیـوڵی سـوودی لـێ وەردەگیررێـت بـۆ پاڵپێوەنـانی ئەلیکترۆنێـک بـۆ سـەریەککەوتنی ٢ دۆخـی وزە لە هەمـان کاتـــدا. کاتێـــک ئەم ئەلیکتـــرۆنە وزەی فۆتۆنێـــک هەڵـــدەمژێت و

---

[109] M. O. Scully, K. R. Chapin, K. E. Dorfman, M. B. Kim and A. Svidzinsky, "Quantum heat engine power can be increased by noise-induced coherence," Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 108: 37 (2011), pp. 15097–100.

دەورووژێت و لە سەریەککەوتنی ٢ (ئێستا سەرووتر) وزەدا لە یەک کاتدا هەبن. ئەگەری ئەوەی کە ئەلیکترۆن بگاتەوە بە دۆخی سەرەتایی خۆی و وزەی خۆی بە شێوەی گەرمیی لەکیسچوو لە دەست بدات، دەکرێت بە هۆی وابەستەیی ٢ دۆخی وزە دابەزێت. ئەمە هەمان شتە لە شێوازی بەیەکداچوونی دروستبوو لە لایەن تاقیکردنەوەی دووکەلەبەرییەکەمان کە لە بەشی ٤دا شی کراوەتەوە. لێرەدا شوێنە تایبەتەکان لەسەر شاشەی پشتەوە کە بۆ ئەتۆمەکە لە دەستڕەسدان، کاتێک تەنها ١ کەلەبەر کراوەتەوە، بە هۆی بەیەکداچوونی تێکدەر کاتێک هەر ٢ کەلەبەرەکە کراوەتەوە. لە دەستڕەسدا نابن. لێرەدا هاوکاریی ورد لە نێوان نۆیزی مۆلکیولی و هاوباریی کوانتەمی، بزوێنەرێکی گەرمایی کوانتەمی دەخاتە کار بۆ کەمکردنەوەی بەکارهێنانی ناکارایی وزەی گەرمایی و لە ئەنجامدا زیادکردنی کاراییەکەی زۆرتر دەبێت، تەنانەت سەرتر لە ئاستی کارنۆی کوانتەمی.

بەڵام ئایا ڕێکخستنی ورد لە ئاستی کوانتەمیدا مومکینە؟ تۆ پێویستت بە ئەندازیار لە ئاستی نیمچەئەتۆمیدایە، تا هەردووی شوێن و وزەکانی تاک ئەلیکترۆنەکان بۆ گواستنەوەی بڕی گونجاوی بەیەکداچوون بە مەبەستی زیادکردنی لێشاوی وزە لەسەر ڕێچکەی چوستەکان و سڕینەوەی لێشاوە ناپایەدارەکان. تۆ پێویستیشت بە ڕێکخستنی نۆیزی سپی لە ناوەندی مۆلکیولییە، هەر بۆیە پڵتۆک دەدات لە ئەلیکترۆنەکان بۆ هەمان لێدان، بەڵام بە توندی و ڕیتمی جۆراجۆر و هاوباری لە ناو دەچێت. ئایا شوێنێک لە گەردوون هەیە چاوەڕێ بکەین پلەیەکی بەرز لە نەزمی مۆلکیولی بدۆزینەوە کە توانای بەکارهێنانی کاریگەریی کوانتەمیی وردی لە جیهانی نیمچەئەتۆمیدا هەبێت؟

وتارە زانستییەکەی ٢٠١١ی سکولی بە تەواوەتی تیۆرییە. هیچ کەسێک تا ئێستا بزوێنەری کوانتەمیی دروست نەکردووە کە بکرێت وزەی کارنۆ دابین بکات. بەڵام لە ساڵی ٢٠١٣دا وتارێکی زانستیتر لە هەمان تیمەوە ئاماژە بە ڕاستییەکی زیرەکانە سەبارەت بە ناوەندی کارلێکی ڕۆشنەپێکهاتن

دەکات[110]. ئەوان هەموو داگیر کرابوون بە جووتێک کلرۆفیل کە ناسراون بە جـووتەی تـایبەت. نەک مۆلکیـولێکی تەنهـای کلرۆفیـل کە لەوانەیە توانـای کارکردنی وەک بزوێنەرێکی گەرمایی کوانتەمی هەبێت.

هەرچەنـدە مۆلکیولەکـانی کلرۆفیـل لە جـووتەی تایبەتـدا یەکسـانن، ئەوان لە ناوەنـدە جیاوازەکانـدا لە داربەسـتی پرۆتینـدا گەمـارۆ دراون، کە بە لەرەلەری تۆزێـک جیـاوازەوە دەلەرنەوە: ئەوان تـا ڕادەیەک لە دەرەوەی تۆنن. لە وتارە زانستییەکەی دواتـردا، سکولی و هاوڕێکانی ئامـــاژە دەکەن کە ئەم ڕێســـایە ناوەنـــدەکانی کارلێـــک بە ڕێســـای مۆلکیـــولێی وردەوە، کە پێویســـتە بـــۆ ئەوان تـــا وەک بـــزوێنەری گەرمـایی کـوانتەمی کـار بـکەن. تـوێژەران پیشـانیان دا کە جـووتەی تـــایبەتی کلرۆفیـــل وا دەردەکەوێـــت دەکرێـــت لە بەیەکـــداچوونی کوانتەمیـــدا بە کـــار بهێنرێـــت، بـــۆ لابردنـــی ڕێچـــکە ناچوســـتە وزە بەهەدەردەرەکـــان و بەم ڕێـــگەیە گواســـتنەوەی وزە بـــۆ مۆلکیـــولە وەرگرەکـان بە چوسـتی لە ٢٠% بەرزتـرەوە. کە لەوە ناچێت بڕێکـی زۆر گەورە بێـت و وای لەبەرچـاو دەگـرین کە خەملانـدنی ئێسـتا بـۆ بەکارهێنـانی وزە بە ڕێـژەی نـزیکەی ٥٦% لە نێـوان ٢٠١٠ بـۆ ٢٠٤٠ گەشـــە دەکـــات: کەوابـــوو پەرەپێـــدانی تەکنەلۆژیـــایەک کە توانـــایی هەڵمژینی وزەی خۆری تا ڕادەیەک بەرز بکاتەوە، زۆر سـەرنجڕاکێش دەبێت. ئەم دۆزینـەوانە بە گەنگەشـاوی لە بـوارەکەدا بە خێرایـی ڕوو لە گەشـە دەمێننەوە: بە هەرحـاڵ، تـوێژینەوەیەکی نـوێی ئەم دوایـیەی زانکۆی ئـولم پشتڕاسـتی زۆر لایەنـی گریمـانەی بـزوێنەری گەرمـایی کوانتەمی دەکاتەوە[111].

---

[110] K. E. Dorfman, D. V. Voronine, S. Mukamel and M. O. Scully, “Photosynthetic reaction center as a quantum heat engine,” Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 110: 8 (2013), pp. 2746–51.

[111] N. Killoran, S. F. Huelga, M. B. Plenio, “Enhancing light-harvesting power with coherent vibrational interactions: a quantum heat engine picture,” arXiv preprint, arxiv.org/abs/1412.4136, 2014.

ئەم ئەنجامە سەرسوورهێنەرە نموونەیەکی تر دەخاتە بەردەست، کە چۆن ڕیشەی ئۆرگانیزمە زیندووەکان لە جیهانی کوانتەمیدا وا دەردەکەوێت هەندێک توانایییان هەیە کە مەشینە ماکرۆسکۆپییە بێگیانەکان نییانە. هەڵبەت هاوبارێی کوانتەمی بۆ ئەوەی ئەم سیناریۆیە کار بکات، پێویستە؛ بەڵام لە دۆزینەوەیەکی تردا کە لە جولایی ٢٠١٤دا چاپ بووە، تیمێک لە توێژەران لە هۆڵاندا، سوید و ڕووسیا لێدانی کوانتەمییان لە ناوەندی کارلێکی فۆتۆسیستەمی ڕووەک جۆری I دەرخست (ڕووەکەکان ٢ سیستەمی فۆتۆنییان هەیە I و II) و گەیشتن بەو ئەنجامەی بڵێن کە ئەرکی ئەم سیستەمانە بریتییە لە "دیزاینی کوانتەمیی حەپسکردنی فۆتۆن"[١١٢].

هەروەها لە بیرت بێت کە ناوەندی کارلێکی سیستەمە فۆتۆنییەکان لە ماوەی نێوان ٢ بۆ ٣ ملیارد ساڵدا پەرەیان سەندووە. هەر بۆیە بە نزیکەیی بۆ هەموو مێژووی هەسارەکەمان، ڕووەکەکان و میکرۆبەکان ڕێک وا دەردەکەوێت کە بزوێنەرە گەرماییە کوانتەمییە پێشکەوتووکراوەکان سوودیان وەرگرتووە - پرۆسەیەکی ئاڵۆز و زیرەک کە ئێمە هێشتا دەبێت چۆنێتیی بەرهەمهێنانی بە شێوەی دەستکرد کاری لەسەر بکەین - بۆ پەمپکردنی وزە بۆ ناو کاربۆن و بەم ڕێگەیە دروستکردنی هەموو زیندەمادەکان کە میکرۆبەکان، ڕووەکەکان، دایناسوورەکان و هەڵبەت ئێمەی لێوە دروست دەبین. بە ڕاستی ئێمە هێشتا وزەی کوانتەمیی سەردەمی دێرین لە فۆرمی فۆسیل و سووتەمەنی بە دەست دەهێنین، کە خانووەکانمان گەرم دەکاتەوە و توانا دەدات بە ئۆتۆمبیلەکانمان و زۆرترینی کارگە پیشەسازییەکانی ئەمڕۆ دەخاتە کار. توانای شاراوەی سوودەکانی

---

112 M. Ferretti, V. I. Novoderezhkin, E. Romero, R. Augulis, A. Pandit, D. Zigmantas and R. Van Grondelle, "The nature of coherences in the B820 bacteriochlorophyll dimer revealed by two-dimensional electronic spectroscopy," Physical Chemistry Chemical Physics, vol. 16 (2014), pp. 9930–9.

فێربوون، تەکنەلۆژیای مودێرنی مرۆڤ لە تەکنەلۆژیای کوانتەمیی سەردەمی کۆن ئێجگار زۆرە.

هەر بۆیە لە ڕۆشنەپێکهاتندا وا دەردەکەوێت لە نۆیز هەردووکیان سوودمەند بن بۆ بەرزکردنەوەی چوستیبەخشین و گواستنەوەی ئیگزایتۆنەکان بۆ ناوەندی کارلێک و هەڵمژینی وزەی وەرگیراو لە خۆر، هەر کاتێک دەگات بە ناوەندی کارلێکەکە. بەڵام ئەم توانایە بۆ دروستکردنی چاکەیەکی کوانتەمی لە تاوانێکی مۆلکیولییەوە – نۆیز - تەنها سنووردار بە ڕۆشنەپێکهاتن نییە. لەساڵی ٢٠١٣دا گرووپی نیگل سکروتون (Nigel Scrutton's) لە زانکۆی مانچستەر، تیمەکەی لێکۆڵینەوەیان لەسەر تونێلێدانی پرۆتۆن لە ئەنزیمەکاندا بە تاقیکردنەوە بە ئەنجام گەیاند، کە ئێمە لە بەشی ٣دا قسەمان لەسەر کرد، کە بریتی بوو لە جێگرتنەوەی ئەتۆمە ئاساییەکان لە ناو ئەنزیم بە جۆرە قورسترەکەی.

گۆڕینی ئایزۆتۆپەکان، بە هۆی کێشی زیادبوو، کاریگەری لەسەر لەرینەی مۆلکیولی پرۆتینە سپرینگییەکان لە لەرەلەرە جیاوازەکاندا دادەنێت- ئەمە نۆیزی ڕەنگییە. توێژەران دۆزیویانەتەوە کە تونێلێدانی پرۆتۆن و چالاکیی ئەنزیم لە ئەنزیمە قورسترەکاندا لادان دروست دەکات[١١٣]، کە پیشان دەدات لە دۆخی ئاساییدا بە ئایزۆتۆپی سروشتی و سووکتر، لەرینەوەی شێوە میترۆنۆمی پرۆتینە بڕبڕەپشتەکە، بەشداری دەکات لە تونێلێدان و چالاکیی ئەنزیمی.

ئەنجامی هاوشێوە بە ئەنزیمەکانی تر لە لایەن گرووپی جودیس کلاینمەنەوە لە زانکۆی کالیفۆرنیا دۆزرایەوە[١١٤]. هەر بۆیە، سەرەڕای ئاراستەکردنی ڕۆشنەپێکهاتن، نۆیزیش ڕۆڵی لە بەرزکردنەوەی

---

[113] C. R. Pudney, A. Guerriero, N. J. Baxter, L. O. Johannissen, J. P. Waltho, S. Hay and N. S. Scrutton, "Fast protein motions are coupled to enzyme H-transfer reactions," Journal of the American Chemical Society, vol. 135 (2013), pp. 2512–17.

[114] J. P. Klinman and A. Kohen, "Hydrogen tunneling links protein dynamics to enzyme catalysis," Annual Review of Biochemistry, vol. 82 (2013), pp. 471–96.

کرداری ئەنزیمیدا هەیە. لە بیرت بێت، کە ئەنزیمەکان بزوێنەرەکانی ژیانن، کە هەر مۆڵکیولێکی ناو هەر خانەیەکی هەر بوونەوەرێکی زیندووی لەسەر هەسارەکەی ئێمەی دروست کردووە. لەرینەوەی باش لەوانەیە ڕۆڵێکی گرنگ لە پارێزگاریکردن لە ژیانی هەمووماندا بگێڕێت.

ژیان لەسەر لێواری کوانتەمیی تۆفانێکی کلاسیکی

"لەسەر کەشتییەک لە دەریا، دەنگی تۆفانێکی توند دەبیسترێت."
ویلیام شەکسپیر، تۆفان

ئایا هیچ کام لەم تێڕوانینانە وەڵامێک بۆ پرسیارەکەی شرۆدینگێر لە چەند ساڵ لەوەوپێش سەبارەت بە سروشتی ژیان دەخاتە بەردەست؟ ئێمە پێشتر باسی ئەوەمان کردووە کە ژیان سیستەمێکی ڕێکوپێکە کە لە ڕێگەی ڕێکخستنی تەواوەتیی ئۆرگانیزمەکان بە ڕێگەی زەریای سیرمۆدایانامیکی تۆفانییەوە پەیوەندیی بە بنچینەی کوانتەمیی ژێرەوە هەیە (وێنەی ١٠:١). هەروەها بە شێوەی بنچینەیی ئەم داینامیکەی ژیان بە وردی پارێزراو و هاوسەنگە، هەر بۆیە ڕوداوەکانی ئاستی - کوانتەمی دەکرێت جیاوازی لە جیهانی ماکرۆسکۆپی دروست بکات، ڕێک وەک چۆن لە ساڵانی ١٩٣٠دا پێشبینیی کردبوو. ئەم هەستیارییەی جیهانی ماکرۆسکۆپی بە ناوچەی کوانتەمی بۆ ژیان دەگمەنە و هەل دەدات بە شێوەی زاتیی دیاردەکانی ئاستی کوانتەمیی وەک تونێل لێ دان، هاوباری و گیرۆدەیی بە کار بهێنرێت بۆ ئەوەی جیاوازی بۆ هەموومان دروست ببێت.

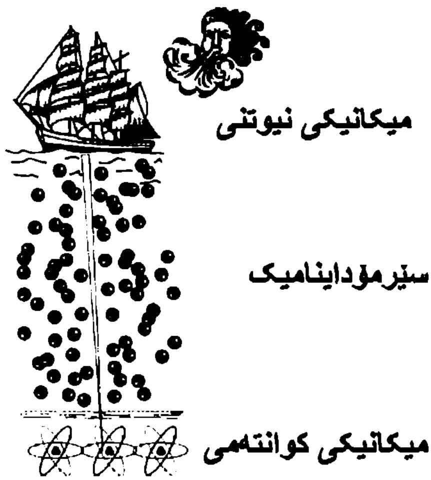
بەڵام... ئەمە بەڵامێکی گەورەیە، ئەم وەبەرهێنانە لە جیهانی کوانتەمی تەنها دەکرێت کاتێک بێتە ئاراوە ئەگەر لە دابارى

(dechorence) بپارێزرێـــت. جـــگە لەوە سیســـتەمەکە ســـیفەتە کـوانتەمییەکەی خـۆی لە دەسـت دەدات و بە تەواوەتـی بە شـێوەی کلاسـیکی یـان سـێرمۆداینامیکی کـار دەکـات کە بەنـدە لەسـەر ڕێساکانی نەزم لە بێنەزمییەوە (Order from disorder). زانایان بە.ڕێگەی پاراسـتنی کـارلێکە کوانتەمییەکـان لە نۆیزی نەخـوازراو لە دژی داباری دەوەستنەوە. ئەم بەشـە دەری خست کە وا دیـارە ژیـان سـتراتیژییەکی زۆر جیـاواز بە کـار دەهێنێت، لەجیـاتیی ئەوەی لـێ بگەڕێت نـۆیز هاوبـاری لە نـاو ببـات، ژیـان نـۆیز بە کار دەهێنێت بـۆ پاراستنی پەیوەندییەکەی بە جیهـانی کـوانتەمەوە. لە بەشـی ٦دا ئـێمە وێنەی ژیانمان وەک بلۆکێکی گرانیتی ورد پیشـان دا کە هەسـتیارە بە ڕووداوەکـانی ئاسـتی کـوانتەمی. بە هۆکارگەلێـک کە دواتـر ڕوون دەبێـتەوە، ئـێمە دێنـین بلـۆکە گـرانیتەکە دەگـۆڕین بە کەشـتییەکی چارۆکەداری درێژ. کەشتییە خەیاڵییەکەی ئێمە سەرەتا لە بەندەرێکی وشکدایە کە بە وردی و بە هاوسەنگی لەسەر ١ هێڵـی تەنک بە پـانیی ١ ئەتـۆم دانـراوە. ئەم دۆخە ترسـناکەی کەشـتییەکەمان! هاوشـێوەی خانەیەکی زیندوو بە ڕووداوەکانی ئاستی کوانتەمی کە لە شـوێنی بنە تیـــژە ئەتـــۆمییەکەدا ڕوو دەدات، لەوانەیە بە هـــۆی کـــاریگەریی هاوســـەنگیی ورد لەســـەر بەنـدەرە وشـکەکە، هەسـتیارە. تونێڵێـدانی پرۆتۆنێـک وڕووژانـی ئەلیکترۆنێـک یـان گیرۆدەیـی ئەتۆمێـک دەکرێـت کاریگەریی لەسەر هەموو کەشتییەکە هەبێت. بە هەرحـاڵ، ئێمە زیـاتر لەوە دەتـوانین وێنـای کـاپتنەکەی بکەیـن کە ڕێگەیەکـی زیرەکـانە و سەرسـووڕهێنەری بـۆ باشـترین بەکارهێنـانی ئەم دیـاردە کـوانتەمییە وردانە وەک هاوبـــاری (coherence)، تونێڵێـــدان (Tunneling)، سەریەککەوتن (Superposition) یـان گیرۆدەیـی (Entanglemnt) بـۆ یارمەتیـدانی توانـای لێخـۆڕینەکەی بـۆ ڕێکخسـتنی چـارۆکەی کەشتییەکە بە کار بهێنێت.

بەڵام لە بیـرت بێـت ئـێمە هێشـتا لە بەنـدەرە وشـکەکەداین: ئەم کەشـتییە هێشـتا ناتوانێت بـۆ هـیچ شـوێنێک بچێت. هەرچەنـدە دۆخە هاوسەنگە وردەکەی توانـای پاراسـتنی دیاردەکـانی ئاسـتی کوانتەمیی هەیە، بەڵام ئەمە بە ئاسـانی بە کەمتـرین شـنەی بـا دەڕووخێـت، لەوانەیە تەنها بە هۆی بەرکەوتنی ۱ مۆڵکیوڵەوە کەشتییەکە سەرنگوم ببێـت. ڕێـگەی ئەنـدازیاری بـۆ ڕاگرتنـی کەشـتییەکە بە بەرزی و هەروەهـا پارێزگـاری لێکردنـی لە ڕووداوە کوانتەمییەکـان لە بەلاخستنی، بـریتییە لەوەی لە نـاو قوتـوویەکی پـارێزراودا دابنرێت و هەمـوو هەواکەی دەربهێنرێـت بـۆ ئەوەی پێشـگیری بکرێـت لە بەرکەوتنە مۆڵکیوڵییە شـێوە تـۆپە بلیاردییەکـان تـا کەشـتییەکە تێک نەدەن. ئەنـدازیارەکە دەبێـت هەمـوو سیسـتەمەکە سـارد بکـاتەوە بـۆ نزیـک ۰ی ڕەهـا، تـا تەنـانەت لەریـنەوەی مۆڵکیـوڵی نەتوانێـت هاوسەنگییە وردەکەی تێک بدات. بەڵام دەریـاوانی لێهـاتوو ڕێگەیەکی تـر دەزانێـت بـۆ ئەوەی کەشـتییەکە بە پێـوە ڕابگرێـت. ئەو دەبێـت سەرەتا بیخاتە ناو گێژاوی سێرمۆداینامیکی. بۆ دڵنیـایی وای دادەنێین کە کەشـتییەکە زۆر ئاسـانترە لە نـاو ئـاودا قیـت بوەسـتێت تـا لەسـەر وشـکی، بەڵام بیرکـردنەوە سـەبارەت بەمە لە ئاسـتی مۆڵکیوڵیـدا سـەبارەت بە هـۆی بەرزبـوونەوەی هاوسـەنگییەکەی بە ئاسـانی دیـار نیـیە. ئـێمە تەنهـا گوتوومـانە ڕێگەیەکـی ئەنـدازیاری بـۆ ڕاگرتنـی کەشـتییەکی بـن تیـژ و تەنـک بە ڕاوەسـتاوی لە بەنـدەرێکی وشـکدا پاراسـتنی کەشـتییەکەیە، لە هەر پشـێوییەکی مۆڵکیـوڵ و ئەتۆمەکـانی دەوروبەر. بەڵام مەگەر دەریـا پـڕ نیـیە لە ئەتـۆم و مۆڵکیـوڵ کە بە شێوەی هەڕەمەکی هەڵبەزودابەز دەکەن و دەکەون لە یەکتری و هەر چەشنە کەشتییەک بەپێی شێوازی تۆپە بلیاردەکان کە لە بەشـی ۲دا قسـەمان لەسـەر کـرد، سـەرنگوم نـاکەن؟ چـۆنە کە کەشـتییەکی بە توندی لەرزۆک دەکرێت بە پلێتۆکێکی بچووک لەسەر زەوی سەرنگوم بێت، بەڵام لەسەر ئاو دەمێنێتەوە؟

وەلامەکەی دەگەڕێتەوە بۆ ڕێساکانی "ڕێکوپێکی لە نارێکوپێکییەوە" کە شرۆدینگێر باسی کردووە. لە ڕاستیدا ئەم کەشتییە بە تریلیۆن مۆلکیولی لە بەندەر و لە کەنارەکانەوە لێی دەکەوێت. هەڵبەت بە دڵنیاییەوە ئیتر لەسەر بنە زۆر تەنکەکەی هاوسەنگ نییە، بەڵام کەوتووەتە سەرئاو و لە هەموو لایەکیشەوە بە زۆری لێی دەدرێت، تێکڕای هێز کە لە هەر شوێنێکی دەکەوێت، یەک شت دەبێت. هەر بۆیە کەشتیی سەرئاوکەوتوو ناکەوێت، چونکە بە هۆی بۆمباردمانی هەڕەمەکیی تریلیۆنەها مولکیولەوە ڕادەگیررێت: ڕێکوپێکی (نەزم) (ئاڕاستەگریی ستوونی کەشتییەکە) لە نارێکوپێکییەوە (بێنەزمی) (چەندین تریلیۆن بەرکەوتنی شێوە تۆپی بیلیارد).

هەڵبەت کەشتییەکان تەنانەت لە دەریا ئازادەکاندا دەکرێت سەرنگوم ببن. وای دابنێ کە کاپتن کەشتییەکەی بخاتە سەر دەریایەکی تۆفانی، بەڵام هێشتا چارۆکەکەی هەڵنەداوە. ئەو شەپۆلانەی دەکەون لە کەشتییەکە ئیتر زۆر هەڕەمەکی نین و شەپۆلێکی بەهێز لەوانەیە لە لایەکەوە بکەوێت لە کەشتییە ناهاوسەنگەکە و سەرنگومی بکات. بەڵام کاپتنە زیرەکەکەی ئێمە دەزانێت چۆن هاوسەنگیی کەشتییەکەی بەرز بکاتەوە: ئەو چارۆکەی کەشتییەکە هەڵدەدات و بە ڕێگەی ئەوە توانای باکە بۆ ڕاگرتنی کەشتییەکە لەسەر پێ بە کار دەهێنێت (وێنەی ٢:١٠).



وێنەی ٢:١٠

ژیان لەسەر لێوارەکانی کوانتەم و جیهانی کلاسیکی دەجووڵێت. خانە زیندووەکان هاوشێوەی کەشتییەکە کە بنە تەنکە تیژەکەی ڕۆ دەچێت بۆ ناو تویَ کوانتەمییەکەی هەقیقەت و دەکرێت بەم شێوەیە دیاردەکانی وەک تونێلێدان و گیرۆدەیی بۆ پاراستنی زیندوێتیی خۆی بە کار بهێنێت. ئەم پەیوەندییە بە ناوچەی کوانتەمەوە دەبێت لە لایەن خانە زیندووەکانەوە چالاکانە بپارێزرێت و تۆفانە سێرمۆداینامیکەکان کۆنترۆڵ بکرێت - نویزی مۆلکیولی - بۆ ئەوەی هاوبارییە کوانتەمییەکان پارێزراو بن.

ئەمە لەوانەیە جارێکی تر لە تێڕوانینی یەکەمدا دژبەیەک دەربکەوێت. ئێمە چاوەڕێ دەکەین کە بای بەردەوام و پێشهاتی چاوەڕواننەکراو لەجیاتیی دروستکردنی هاوسەنگی لە کەشتییەکدا کە ناهاوسەنگە، بیخات بە لادا. بە تایبەتی بەو هۆکارەی کە ئەوان هەڕەمەکی نین، بەڵکو هێز لە لایەکەوە زیاتر لە لایەکی تر کار دەکاتە سەری. بەڵام کاپتن دەزانێت چۆن گۆشەی چارۆکەکە و سووکانی کەشتییەکە ڕێک بخات تا کرداری با و جووڵەی ئاو و تۆفانەکان بۆ

ڕێکخستنەوەی لایەکی کەشتییەکە بەسەر لایەکی تر بە کار بێت. بەم ڕێگەیە ئەو دەتوانێت تۆفانەکانی دەوروبەر بۆ ڕاگرتنی هاوسەنگیی کەشتییەکە بە کار بهێنێت.

لەوە دەچێت ژیان هاوشێوەی ئەو کەشتییە بێت لە ناو ئاوی کلاسیکیدا بە کاپتنێکی زیرەکەوە لەسەری: بەرنامە جینێتیکییەکە لە ماوەی ٤ ملیارد ساڵ پەرەسەندندا ئەو توانایییەی پەیدا کردووە لە قووڵییە جۆراجۆرەکانی ناوچەکانی کلاسیکی و کوانتەمییەوە ئاڕاستەی بکات. لەجیاتیی شاردنەوەی لە تۆفانەکان، ژیان ئەوان لە خۆ دەگرێت، تۆفان و کرێوەکان بۆ پڕکردنەوەی چارۆکەکان بە کار دەهێنێت و کەشتییەکە بە ڕاوەستاوی ڕادەگرێت، هەر بۆیە بنە تیژەکەی ڕۆ دەچێتە ناو ئاوە سێرمۆدانامیکییەکەوە و دەکەوێت لە جیهانی کوانتەم (وێنەی ١٠:٢) ڕەگە قووڵەکانی ژیان ئەو هەلە دەڕەخسێنێت، کە ئەو دیاردە سەیرانە کۆنترۆڵ بکات کە لە لێوارە کوانتەمییەکەدان.

ئایا ئەمە ڕێگە دەکاتەوە بۆ تێڕوانینی نوێ سەبارەت بەوەی بە ڕاستی ژیان چییە؟ زیاتر لە یەک دانە بۆچوون هەیە و ئێمە جەخت دەکەینەوە بە ڕاستی ئەمە گومانــاوییە، بەڵام ئەوەی لەم بابەتەدا لەگەڵمان بوو بێت، کەس ناتوانێت بڵێت نا. ئەو پرسیارەی لە بەشی ٢دا هێنامانە ئاراوە سەبارەت بەوەی جیاوازیی نێوان زیندوو و نازیندوو چییە، لە بیرت بێت، کە خەڵکی سەردەمی کۆن بە ڕۆح وەڵامیان داوتەوە. ئەوان بڕوایان وابوو لە مەرگدا ڕۆح لە جەستە جیا دەبێتەوە. فەلسەفەی میکانیکیی دیکارت، ڤیتالیسمی وەلا نا و ڕۆحی لانیکەم لە ناو ڕووەک و ئاژەڵان فڕێ دا، بەڵام جیاوازیی نێوان زیندوو و مردوو بە نهێنی مایەوە. ئایا ئێمە دەتوانین تێگەیشتنی نوێمان بخەینە جێگەی ڕۆح، هەڵبەت لەگەڵ چەخماخەیەکی ژیانبەخشی کوانتەمی؟ زۆر کەس بە گومانەوە سەیری ئەم پرسیارە دەکەن، پاڵ بە سنوورەکانی زانستی باوەوە دەنێن بۆ دەرەوەی

ڕیزەکەی و دەبیەنە ناو ناوچەکانی زڕەزانست و تەنانەت جۆرێک لە مەعنەویگەرایی. ئەمە ئەو شتە نییە ئێمە لێرەدا پێشنیازی دەکەین. لەجیاتیی ئەوە دەمانەوێت پێشنیازێک بکەین کە لەوانەیە تۆوی تیۆرییە زانستییە نوێیەکان جێگەی بیرکردنەوە عیرفانی و گومانە میتافیزیکییەکان بگرێتەوە.

لە بەشی ٢دا ئێمە بەراوردی توانایی ژیان بۆ پاراستنی دۆخە زۆر بەرزە ڕێکخراوەکانمان لەگەڵ مێزێکی بیلیارددا کرد، کە دەکرێت سێگۆشەیەکی تۆپ لە ناوەڕاستی مێزەکە ڕابگرێت، ئەویش لە سیستەمێکی شێوە سێرمۆداینامیکیدا بە ڕێگەی سڕینەوە و جێگرتنەوەی هەر تۆپێک کە بە هۆی بەرکەوتنەوە شوێنەکەی لەگەڵ تۆپەکانی تر بەجێ دەهێڵێت.



وێنەی ٣:١٠

لەوانەیە مەرگ پێشاندەری دابڕانی پەیوەندیی ئۆرگانیزمی زیندوو لەگەڵ ناوچەی ڕێکخراوی میکانیکیی کوانتەمی بێت، کە لە بەرامبەر هێزە هەڕەمییەکانی سێرمۆداینامیک بێتوانای دەکات.

ئێستا کە زۆر شتت سەبارەت بە چۆنێتیی کارکردنی ژیان لە لا ڕوون بووەتەوە، دەبینیت کە ئەم خۆتێرکەرییە بە ڕێگەی ماشینە

مۆڵکیـولّییە ئاڵۆزەکـانی ئەنزیمەکـان، پیگمەنەکـان، DNA و RNA و بایۆمۆڵکیوڵەکانی تـر دەپارێزرێت کە بەنـدن لەسـەر دیـاردە میکانیـک کوانتەمییەکـــانی وەک تونێللێـــدان، هاوبـــاری و گیرۆدەیـــی. بەڵـــگە نوێیەکـان کە لەم بەشـەدا ئێمە باسمان کـردوون، پێشـنیاز دەکـات کە هەندێک یان هەموو ئەم چالاکییە بەرزە کوانتەمییانە، کە دەکرێت وای دابنێین کە هەنـدێک چـالاکی لەسـەر کەشـتییە قەرەباڵغەکەمـان دێـتە ئاراوە، بە هـۆی توانـایی بەرچاوی ژیـانییەوە لە تۆفـان و گەردەلـوولە سێرمۆدینامیکییەکان دەپارێزرێت بۆ ئەوەی پەیوەندی لەگەڵ نـاوچە قووڵترەکـانی کـوانتەم بەردەوام بێـت. بەڵام چـی ڕوو دەدات کاتێـک ئەگەر تۆفـانی سـێرمۆدینامیکی زۆر بە بەهێـزی هەڵبکـات و دێرەکـی کەشـــتییە تەمســـیلییەکەی ئـــێمە تێـــک بشـــکێنێت؟ ئیتـــر توانـــای کۆنترۆڵکردنی تۆفان و گەردەلوولە سێرمۆدینامیکییەکانی نامێنێت - نۆیزە ڕەنگی و سپییەکان - تەنانەت بۆ ڕاگرتنـی کەشـتییەکە، کەشـتی کەمتـر لە خـانە لەژێـر هێرشـی شـەپۆل و گەردەلـوولی نـاوەوەدایە، کە دەبێت بە هـۆی ئەوەی کەشـتییە تەمسـیلییەکە لار ببێتەوە و پەیوەنـدی بە ناوچەی کـوانتەمەوە ببچڕێت (وێنەی ١٠:٣). بەبێ ئەم پەیوەنـدییە، هاوبـاری، گیرۆدەیـی، تونێللێـدان یـان سـەریەککەوتن کاریگەرییـان لەسـەر ڕەفتـاری ماکرۆسـکۆپی نامێنێت، هەر بۆیە خـانەی پەیوەنـدیی پچـڕاو، بەردەبێـتەوە بـۆ نـاو گێـژاوی سـێرمۆدینامیکی و دەبێـت بە تەنێکـی کلاسـیکی. کاتێـک کەشـتییەک نغـرۆ بـوو، ئیتـر هـیچ تۆفانێـک نایخـاتەوە سـەر ئـاو و لەوانەیە هەر کـاتێکیش ئورگـانیزمێکی زینـدوو کەوتە نـاو زەریـا تۆفـانییەکەی جـووڵەی مۆڵکیـولّییەوە، هـیچ تۆفانێـک نەتوانێت پەیوەندییە کوانتەمییەکانی زیندوو بکاتەوە.

ئایا دەکرێت زیندەناسیی کوانتەمی بۆ دروستکردنی تەکنەلۆژیای نوێی زیندوو بە کار بهێنرێت؟

تۆفان لەوانەیە نەتوانێت جارێکی تر کەشتییەکی نوقومبوو بخاتەوە سەر ئاو، بەڵام مرۆڤ دەتوانێت. زیرەکیی مرۆڤ دەکرێت لە هێزە هەرەمەکییەکان دەسکەوتی زۆر زیاتر بێت. وەک لە بەشی ٩دا گەنگەشەمان لەسەری کرد، ئەگەری ئەوەی تەوژمی تۆفانێک بە شێوەی کوێرانە بدات لە گۆڕستانی ئوتۆمبیل و جامبۆ جێتێک خڕ بکاتەوە، لە ڕادەبەدەر بچووکە. بەڵام ئەندازیارانی زانستی ئایرۆداینامیک دەتوانن فڕۆکە دروست بکەن. ئایا ئێمە دەتوانین ژیان دروست بکەین؟ وەک لە چەندین شوێنی ئەم کتێبەدا ئاماژەمان پێ دا، هیچ کەسێک نەیتوانیوە ژیان لە تاقیگەی کیمیا دروست بکات، کە بەپێی گوتەی ڕیچارد فاینمان مانای ئەوەیە کە ئێمە هێشتا بە تەواوەتی لە واتای دیاردەی ژیان تێنگەیشتووین. بەڵام لەوانەیە تێگەیشتنە نوێیەکانمان لە زیندەناسیی کوانتەمیدا بتوانێت ئامادەمان بکات بۆ دروستکردنی ژیانی نوێ و تەنانەت دروستکردنی شۆڕشێک لە زیندەتەکنەلۆژیادا.

هەڵبەت زیندەتەکنەلۆژیا ئاشنایە. ئێمە بە تەواوەتی لە کشتوکاڵدا بۆ دروستکردنی خۆراک لەسەر ئەو بەندین. لە هەمان کاتدا پشت دەبەستین بە بەرهەمەکانی زیندەتەکنەلۆژیا، وەک نان، پەنیر، بیرە و شەراب کە بە شێوەی گۆڕین لە گوڵ، شیر، دانەوێڵە و ئاوی میوە بە ڕێگەی هەوێن و باکتریا دروست دەبن. بە هاوشێوەیی، جیهانی نوێمان سوودمەندە لە دەسکەوتەکانی خانە نازیندووەکان، وەک ئەو ئەنزیمانەی کە ماری شوایتزەر بۆ شکاندنی ئێسکی ديناسوور بە کاری هێنا. بە هاوشێوەیی، ئەنزیمەکان بۆ شکاندنی ڕیشاڵە سروشتییەکان بۆ دروستکردنی قوماشی جل یان زیادکردنی لە پاککەرەوە بایۆلۆجیکییەکان کە ئەم جلانە دەشۆن، بە کار دێت. بایۆتەکنەلۆژیای چەند ملیۆن دۆلاری و پیشەسازیی دەرمان سەدان

جۆر بەرهەمی سروشتی دروست دەکەن، وەک ئانتی بایۆتیکەکان کە ئێمە لە نەخۆشی دەپارێزن. پیشەسازیی وزە توانای میکرۆبەکان بە کار دەهێنێت بۆ گۆڕینی زیندەمادە بۆ زیندەسووتەمەنی و زۆر لە مادە کە پشتیوانیی ژیانی نوێ دەکەن وەک بینا و کاغەز، کە سەردەمێک زیندوو بوون، هەروەها سووتەمەنییە بەبەردبووەکان کە خانووەکانمان گەرم دەکات و توانا دەدات بە ئوتۆمبیلەکانمان لەو بابەتەن. بۆیە تەنانەت لە سەدەی ١٢یش ئێمە هێشتا بە شێوەیەکی سەرسووڕهێنەر پشت دەبەستین بە تەکنەلۆجیای زیندووی سەردەمی کۆن.

ئەگەر هەرچ ەشنە گومانێکت هەیە، هەوڵ بدە ڕۆمانەکەی مککاردتی، جادە (Cormac McCarthy's The Road) بخوێنەوە، کە باسی جیهانێکی بەتاڵ دەکات کە بۆ ئێمە جێ دەمێنێت، ئەو کاتەی ئاگامان لێ نەبێت و تەکنەلۆجیا زیندەکەمان تێک بدەین.

بەڵام ئەو زیندەتەکنەلۆژیایەی کە هەیە، سنووردارە. بۆ نموونە هەرچەندە هەندێک قۆناغمان دۆزیوەتەوە کە چوستیی ڕۆشنەپێکهاتن تێیدا زۆر بەرزە، هەرچەندە زۆرترینیان نییە، بە گشتی چوستیی وزەی گۆڕینی وزەی خۆر بۆ وزەی کیمیایی کە دەکرێت لە کشتوکاڵ دەستمان بکەوێت، زۆر کەمە. هۆکارەکەی دەگەڕێتەوە بۆ ئەوەی کە ڕووەک و میکرۆبەکان ئەجندایەکی جیاواز لە ئێمەیان هەیە: ئەوان کاری ناچوستیی وەک دروستکردنی گوڵ و دانە ئەنجام دەدەن، کە لە ڕاستیدا بۆ کۆنترۆڵی وزە پێویست نین، بەڵام بۆ مانەوەی خۆیان پێویستن. هەر بەم شێوەیە ئەو میکرۆبانەی ئانتی بایۆتیک، ئەنزیمەکان یان دەرمانەکان دروست دەکەن، بە زەقی زۆر کار دەکەن، چونکە ئەجندای هێزەکانی پەرەسەندن بریتییە لەوەی بە ژمارەیەکی زۆر مادەی ناپێویست ژمارەیەکی زۆر خانەی میکرۆبی دروست بکەن.

ئایا ئێمە دەتوانین ژیان بخەینە ناو ئەجندامانەوە؟ هەڵبەت ئێمە دەتوانین و لە ئێستادا سوودی ئێجگار زۆر دەبینین لە گۆڕینی

ڕووەک و گیاندارە کێوییەکان بۆ ناو تەکنەلۆژیای زیندوویی بەرهەم و ئاژەڵەماڵییەکان، کە بۆ سوود لێبینینی مرۆڤ پێش خراون. بەڵام پرۆسەی هەڵبژاردنی دەستکرد کە ڕووەکەکەمان بە دانەوێڵەی زۆرتر یان ئاژەڵە ماڵییە گونجاوەکان بۆ کشتوکاڵمان دەداتێ، هەرچەندە بە ڕادەیەکی بەرز سەرکەوتوو بووە، بەڵام سنووردارن. ئێمە ناتوانین ئەوەی پێشتر سروشت دروستی نەکردووە، هەڵبژێرین. بۆ نموونە چەندین ملیارد دۆلار لە هەر ساڵێکدا بۆ پەینە کیمیاییەکان خەرج دەکرێت کە نیترۆجینی خاک لە ناو دەبات، کە ئەنجامەکەی لەکیسچوونی کشتوکاڵە. بەرهەمە کشتوکاڵییەکانی وەک نۆک پێویستیان بە پەینی کیمیایی نیترۆجینی نییە، چونکە باکتریاگەلێک بە کار دەهێنێت کە لە ڕیشەکانیاندایە کە ڕاستەوخۆ گاز لە هەواوە وەردەگرێت. ئەگەر ئێمە بتوانین بەرهەمەکانی دانەوێڵەی وەک نۆک ئەندازیاری بکەین، کە نیترۆجینەکەی خۆیان جێگیر دەکەن، کشتوکاڵ دەکرێت چوستییەکەی زۆر زیاتر بێت. بەڵام ئەم توانایە لە هیچ دانەوێڵەیەکدا پەرەی نەسەندووە.

بە هەرحاڵ، تەنانەت تا ڕادەیەک دەکرێت زاڵ ببین بەسەر ئەم سنووردارییە. ڕووەکە دەستکاریکراوە جینێتکییەکان، میکرۆبەکان و تەنانەت ئاژەڵییەکان (ئەندازیاریی جینێتیکی) لە کۆتایی سەدەی ٢٠دا هاتە ئاراوە. لە ئەمڕۆدا زۆر لە بەرهەمە کشتوکاڵییەکان وەک سۆیا، لە ڕووەکە ئەندازیارییە جینێتیکییەکانن کە لە هەمبەر نەخۆشی یان هەرێزکوژ بەرگە دەگرن. بۆ نموونە هەوڵ دەدرێت تا جینەکانی وەرگری نیترۆجین بێتە ناو بەرهەمە دانەوێڵییەکانەوە. بە هاوشێویی پیشەسازیی بایۆتەکنەلۆژیا بە توندی بەندە لەسەر میکرۆبە چاککراوە جینێتیکییەکان کە بۆ بەرهەمهێنانی دەرمان و ئانتی بایۆتیک بە کار دەهێنرێن. لەگەڵ ئەوەشدا هێشتا سنوورداری لەئارادایە. ئەندازیاریی جینێتیکی بە گشتی جینە جیاوازەکان لە جۆرێکەوە بۆ ئەوی تر دەگوازێتەوە. بۆ نموونە ڕووەکی برنج ڤیتامینی A (بیتا کارۆتین) لە

گەلاكانیــدا دروســـت دەكــات نەک لە دانەوێڵەكەیــدا، هەر بــۆیە بە زەحــمەت هەمــوو شــتێک لە نــاو بەرهەمە ســەرەكییەكاندا هەیە، کە زۆرترینــی جیهــانی ڕوو لە پەرەســەندن تێــر بكــات. ڤیتــامینی A بــۆ سیستەمی بەرگریی لەش و توانـای بینینـی ئێمە پێوستن، هەر بۆیە کەمبوونەكەی لە هەژارتـرین نـاوچە كشـتوكاڵییەكانی برنجـی جیهـان، دەبێت بە هۆی ئەوەی سـالانە بە میلیۆن منداڵ بە هـۆی هەوکردنەوە بمـرن، یـان نابینـا بـبن. لە سـالانی ۱۹۹۰وە، پیـتەر بـایەر (Peter Beyer) لە زانکۆی فریبێرگ و ئینگۆ پۆتریکوس (Ingo Potrykus) لە ئەنستیتۆتی تەكنەلۆژیـای فیدراڵ لە زوریـخ، بە شـێوەیەک ۲ جینـی پێویســتیان بــۆ ئەوەی ڤیتــامین A دروســت ببێــت، یەكێــک لە گــوڵی نێـرگس و یەكێكـی تـر لە میكـرۆبێكەوە، كـردە نـاو جینـۆمی بـرنج بـۆ دروســـتكردنی برنجێــک کە ڕێژەیەكــی بەرز ڤیتــــامینی A لە نــاو دانەوێڵەكەیـدایە. برنجــی زێــڕین کە بــایەر بە هــۆی ڕەنگــی زەردی دانەكانیەوە نـاوی نـاوە، دەكرێت ڤیتـامینی پێویستی ڕۆژانەی منـدالان دابـــین بكـــات. بە هەرحـــاڵ، هەرچەنـــدە ئەنـــدازیاریی جینێتیــک تەكنەلۆژیـــایەكی زۆر ســـــەركەوتووە، بەلام لە ڕاســـــتیدا تەنهــــا دەســـتكاریكەری ژیـــانە، زانســـتی نـــوێی زیندەناســـیی دەســـتكرد (Synthetic biology) ئامـانجی ئەوەیە شۆڕشـێكی ڕاسـتەقینە لە تەكنەلۆژیـــای زینـــدوو دروســـت بكـــات، ئەویـــش بە ڕێـــگەی ئەندازیاریكردنی فۆرمی بە تەواوەتی نوێی ژیان.

۲ ڕێچـكەی تەواوكەر بۆ زیندەناسـیی دەسـتكرد لەئارادایە. یەكێک لەوان ڕێچكەی بان – بن (top-down) کە پێشـتر قسـەمان لەسـەری كرد، کە چۆن پێشڕەوی زنجیرەی جینۆم كرایگ ڤێنتەر ئەو شـتەی کە پێی دەگوترێت ژیانی دەسكرد (synthetic life)م بونیـاد نـا، ئەویش بە گـۆڕینی جینـۆمی باكتریـایەک بە نـاوی مایكرۆپلاسـما بە ڤێرژنـی ئـاوێتە كیمیـاییەكەی هەمـان جینـۆم. ئەم ئـاڵوگۆڕی جینـۆمە هەلـی بـۆ تـیمەكەی ڕەخســاند تــا گــۆڕانی تــا ڕادەیەک بچــووک لەچــاو هەمــوو

جینۆمی مایکرۆپلاسما دروست بکەن. لەگەڵ ئەوەشدا هێشتا مایکرۆپلاسما بوو: ئەوان هیچ گۆڕانێکی توندیان لە ناو بایۆلۆجیی باکتریادا دروست نەکرد. لە ماوەی ساڵانی دواتردا تیمەکەی ڤینتیر پلانیان دانا بۆ ئەندازیاریی گۆڕانکاریی زۆر ڕیشەییتر؛ بەڵام ئەم گۆڕانانە هەنگاو بە هەنگاو لە بانەوە بۆ بنی ڕێچکەی زیندەناسیی دەستکرد پێشکەش کرا. تیمەکە ژیانی نوێیان دروست نەکرد؛ ئەوان ژیانی ئێستایان گۆڕی.

دووەمین ڕێچکە بریتییە لە بن – بان (bottom-up) کە توندڕەوانەترە: لەجیاتیی گۆڕینی ئۆرگانیزمە زیندووەکانی ئێستا، زیندەناسیی دەسکردی بن – بان ئامانجی ئەوەیە بە تەواوەتی فۆرمەکانی ژیانی نوێ لە ناو کارلێکە کیمیاییەکانەوە بهێننە دەرەوە. زۆر کەس سەرئەنجامی ئەم کارانە بە ترسناک، تەنانەت بە بێڕێزی دەزانن. ئایا تەنانەت دەکرێت بکرێت؟ بەڵی، ئۆرگانیزمە زیندووەکانی هاوشێوەی ئێمە مەشینی لە ڕادەبەدەر ئاڵۆزن. وەک هەموو مەشینێکی تر، ئەوان دەکرێت بە ئەندازیاریی پێچەوانە پرەنسیپەکانی دیزاینیان بدۆزرێتەوە و ئەم پرەنسیپانەی دیزاین دەکرێت تەنانەت بۆ دروستکردنی مەشینی باشتر بە کار بهێنرێت.

دروستکردنی ژیان لە بنەوە بۆ بان

خەونی لایەنگرانی ژیانی دەستکردی بن - بان دروستکردنی فۆرمی ژیانی نوێیە کە دەکرێت جیهانمان بگۆڕێت. بۆ نموونە تەلارسازانی ئەمڕۆ لەگەڵ بیرۆکەی هاوسەنگی بەرەوڕوون: خانووە هاوسەنگەکان، نووسینگەکان، کارگەکان و شارەکان. بە هەرحاڵ، هەرچەندە بینا نوێیەکان یان شارەکان وەک خودهاوسەنگ باس دەکرێن، ئەوان بە زۆری بەندن لەسەر چالاکییەکان و لێهاتووییەکانی بوونەوەری خودهاوسەنگ، مرۆڤەکان هەوڵ دەدەن لەو فۆرمەدا ڕای بگرن: کاتێک خشتەکانی بنمیچی خانووەکەت تۆفانێک تێکی دەدات،

وەسـتایەک دەهێنیـت بـۆ ئەوەی بە کـرێ بـۆت چـاک بکـاتەوە، کاتێـک بۆرییەکـان دڵـۆپە دەکەن، بـۆریچی بانـگ دەکەیـت، کاتێـک ئوتـۆمبیلەکەت دەشـکێت فیتەرێـک بانـگ دەکەیـت. لە بنەڕەتـدا هەمـوو ئەم چـاککردنە دەسـتیانە کە پێویسـتن بـۆ چـاککردنی تێکچووەکـانی خـانوو یـان مەبْسـینەکان، بە هـۆی جـوولەی هەڕەمەکیـی هەمـوو مۆلکیـولە شـێوە بیلیاردییەکانی با، باران و کارەساتە ژینگەییەکانی ترەوە دروست بووە.

ژیان جیاوازە: جەستەمان توانای ئەوەی هەیە خۆی چاک و نوێ بکـاتەوە و شـانەی دڕاو و تێکچـوو، خـۆش دەکـاتەوە. لە مـاوەی ژیانماندا ئێمە بە ڕاستی خۆتێرکەرین. تەلارسـازیی نوێ هەوڵ دەدات هەنـدێک لە لایەنە دیاریکراوەکـانی ژیـان لە زۆر لە بیناکـانی ئەم سـاڵانەی دواییـدا لاسـایی بکـاتەوە. بـۆ نمـوونە بـورجی غـرکین (Gherkin) کە لە سـاڵی ٢٠٠٣دا دروسـت کـرا، هەڵگـری تـوێی شەشـپاڵووە، کە بە ئیلهـام لە سـەللەی گـوڵی ڤینۆسـی سـپێناخ (کە سـپێناخە نەک گـوڵ)، دروسـت کـراوە، کە بە شـێوەی کـاریگەر جێفشـارەکانی بینـاکە دابەش دەکـات. ناوەندی ئیسـتگەیت لە هەرارەی زیمبـاوە، کە لە لایەن تەلارسـاز مایـک پیرسـەوە دروسـت کـراوە، بـۆ فێنێککردن و خـاوێنکردنەوەی هەوا، لاسـایی سیسـتەمی فێنککەرەوەی شـارەمێروولەی کـردووەتەوە. ڕاشـێڵ ئارمسـترۆنگ، بەڕێـوەبەری گرووپـی تـوێژینەوەی تەلارسـازیی ئاڤاتـار (AVATAR) لە زانکـۆی گرینـویچ تێڕوانینێکـی زەقتـری هەیە: ئەو بینایـانەی بە ڕاسـتی خۆهاوسـەنگن، تەلارسـازیی بـایۆمەتریکی کۆتـایین. لە پـاڵ چەنـدین بیریاری تەلارسازیی تر، ئەو خەونی ئەوەی هەیە بینا ئەندازیارییەکان لە خانە زیندووە دەستکردەکان دروست بکات، کە توانایی خۆپارێزی و خۆچاککردنەوە و تەنانەت خۆدووپاتکردنەوەی هەیە[115].

[115] R. Armstrong and N. Spiller, "Living quarters," Nature, vol. 467 (2010), pp. 916–19

ئەگەر وەها بینایەکی زیندوو بە هۆی با، باران، یان لافاو تێک بچێت، ئەوان هاوشێوەی ئورگانیسمە زیندووەکان، هەست بە ئازار دەکەن و وەک تەنە زیندووەکان خۆیان دووپات دەکەنەوە.

ئایدیاکانی ئارمسترۆنگ دەکرێت پەل بهاوێت بۆ بەرزکردنەوەی لایەنە دەستکردەکانی تری ژیانمان. مادە زیندووەکان دەشکرێت بە کار بهێنرێن بۆ بونیادنانی ئەندامی دەستکرد، وەک دەست و پێ و جومگەکان، کە دەکرێت کاتێک هێرشی میکرۆبی دەکرێتە سەری، ڕێک وەک شانەیەکی زیندوو خۆچاککەرەوە بێت. بۆ نموونە فۆرمەکانی ژیانی دەستکرد دەکرێت بکرێتە ناو جەستەی مرۆڤەوە بۆ ئەوەی بگەڕێت بە دوای خانە شێرپەنجییەکان و بیانسڕێتەوە. دەرمانەکان، سووتەمەنییەکان و خواردەمەنی، دەکرێت بەپێی فۆرمەکانی بە تایبەتی ئەندازیاریکراوی ژیانی دەستکرد، بەگوێرەی هەر مێژوویەکی پەرەسەندن دروست بکرێت. زیاتر بچینە ناو داهاتووەوە، ئەمە بریتییە لە بینینی زانستی خەیاڵیی ڕۆبۆتە زیندووەکان، ئاندرۆیدەکان، کە دەکرێت کۆمەڵگە بە کاریان بهێنێت یان تەناتەت مەریخ بگۆڕن بۆ ئەوەی بۆ کۆلۆنییە مرۆییەکان شیاوی ژیان بێت، یان کەشتییە فەزاییە زیندووەکان دروست بکرێت بۆ ئەوەی پشکنین لە گەلەئەستێرەکاندا بکات.

ئایدیای خەڵقی ژیانی دەستکرد دەکرێت بگەڕێتەوە بۆ سەرەتای سەدەی ٢٠، کاتێک زیندەناسی فەرەنسی ستیفان لیدوس، نووسیی: "وەک چۆن کیمیای دەسکرد بە دروستکردنی دەستکردی سادەترین بەرهەمە ئورگانیکەکان دەستی پێ کرد، هەر بۆیە سەنتزی بایۆلۆژی دەبێت سەرەتا فۆرمگەلێکی هاوشێوەی ئەوانە دروست بکات کە لە کەمترین ئورگانیزم دروست بووە."[١١٦]

وەک لە بەشی ٩دا قسەمان لەسەری کرد، تەنانەت نزمترین ئورگانیزمە زیندووەکانی ئەمڕۆ لە ڕاستیدا باکتریا ئێجگار زۆر

---

[116] S. Leduc, The Mechanism of Life (London: William Heinemann, 1914).

ئاڵۆزەکانن کە دروست بوونە لە هەزاران بەش، کە ناکرێت لە ئێستادا بە هیچ ڕێگەیەکی ڕێچکەی بن - بان شیکار بکرێت. ژیان دەبێت لە شتێک زۆر بچووکتر لە باکتریاوە هاتبێت. لە ئێستادا بۆ باوانی کۆتاییمان وەک لەو بەشەدا پێشنیازمان کردووە، مۆلکیولەکانی خۆدووپاتکەرەوەی ئەنزیمی RN (ڕیبۆزۆم) یان پرۆتین کە لە ناو هەندێک جۆری تووورەکەدایە و ڕێسای خانەیی سادەی خۆدووپاتکەرەوە، واتە خانەیەکی سەرەتایی، پرۆتۆسێل (protocell) دەکرێت بەربژارێک بێت. سروشتی خانە سەرەتاییەکان ئەگەر بە ڕاستی هەبووبن، ڕوون نییە. زۆر لە زانایان بڕوایان وایە ئەوان لە ناو کونە مایکرۆسکۆپییەکانی ناو بەردەکاندان، هاوشێوەی ئەوەی لە بەردەکانی ئیسوا لە بەشی ٩دا باسمان کرد، کە پڕە لە مادەی بایۆکیمیایی سادە کە توانای پشتگیری ژیانیان هەیە. خەڵکی تر بڕوایان وایە ئەوان بڵق یان دڵۆپی بایۆکیمیایین کە لە ناو جۆرێک پەردەی مەلەوان لە زەریا سەرەتاییەکاندا حەپس بوون.

زۆرترینی ئەوانەی هۆگری ژیانی دەستکردی بن – بانن، ئیلهام لە تیۆرییەکانی سەرچاوەی ژیان وەردەگرن بە هەوڵدان بۆ دروستکردنی پرۆتۆکۆڵەکانی ژیانی دەستکردی تایبەت بە خۆیان، لە ناو دەریای سەرەتایی ناو تاقیگەکانیان سەرقاڵن. ئەگەری سادەترین بریتییە لە جۆرە جۆراجۆرەکانی شێوە دڵۆپی زەیت لە ناو ئاودا یان دڵۆپێک ئاو لە ناو زەیتدا. ئەمە بە ئاسانی دروست دەکرێت؛ لە ڕاستیدا هەر کاتێک ساسی زەڵاتە دروست دەکەیت بە ملیۆن لەوانەت دەبێت. بەناوبانگە ڕۆن و ئاو تێکەڵ نابن و بە خێرایی لە یەکتری جیا دەبنەوە. بەڵام ئەگەر مادەیەک زیاد بکەین کە مۆلکیوڵەکانی بکەونە نێوان ئاو و ڕۆن، سورفاکتانتێکی [مادەیەک کە گرژیی ڕووبەری نێوان ٢ شلە یان شلە و گاز کەم دەکاتەوە] وەک خەردەل (mustard) زیاد بکەیت و بە باشی ڕایبوەشێنیت، ساسێکی زەڵاتە دروست دەبێت. هەرچەندە ئەمە لەوانەیە ساف و چوونیەک

بێــت، بەڵام لە ڕاســتیدا پــڕ دەبێــت لە چەنــدین تریلیــۆن دڵــۆپی هاوسەنگی وردی زەیت.

مــارتین هانســزیک (Martin Hanczyc) لە زانکـۆی باشــووری دانیمـارک خـانەیەکی ســەرەتایی شـێوەزیندووی لە دڵۆپی زەیت لە نـاو ئاو کە بە پاککەرەوە جێگیر کرابوو، دروست کرد. خانە زیندووەکانی ئەو زۆر ســادەن، زۆربەی جـار تەنهـا لە ٥ مــادەی کیمیـایی دروســت کــراوە. ئەوان لە بــڕی گونجــاودا تــێکەڵ دەبــن و لە نــاو دڵــۆپە ڕۆناوییەکانــدا خۆیــان خــڕ دەکەنەوە. نـاوەوەی دڵـۆپەکە پشــتگیریی کیمیاییەکی سادە دەکات کە دەبێت بە هۆی ئەوەی خانە سەرەتاییەکان لە نـاو ناوەندەکەیاندا بجووڵێن و بە ڕێگەی لادانی گەرمـایی (سـووڕی گەرمـا) و هەمـان جـۆری هێـزە کیمیاییەکـان کە دەبـن بە هـۆی ئەوەی دڵۆپەکانی ڕۆن، پێکەوە بلکێن. ئەوان تەنانەت دەتوانن فۆرمێکی سادەی گەشــە یـان خۆدووپاتکردنەوەیـان هەبێت، ئەویـش بە ڕێگەی هەڵمژینی مادە خاوەکان ناوەندەکەیان و سەرئەنجام دەبن بە ٢[١١٧].

پێشـخانەکانی هانسیز لەچاو خـانە زینـدووەکان نـاوێکی ئەوتۆیـان نیـیە، ناوەوەیـان تەنهـا ڕۆنە و دەرەوەیـان ئـاوە. زۆرتـرین تـوێژەران هەوڵ دەدەن خــانە ســەرەتاییەکان بە نــاوەوەی ئــاو دروســت بــکەن. هەروەها ئەمە ئەو هەلەیان دەداتێ تا بە بایۆمۆلکیولەکـانی شـیبووەوە لە نـاو ئـاو ئامادەیـان بکەن، بۆ نمـوونە لە سـاڵی ٢٠٠٥دا جینێتیکـزان جەک سۆژتاک (Jack Szostak) RNAی ڕیبۆزۆمەکانی کردە ناو خانە سەرەتاییەکانەوە[١١٨].

---

117 T. Toyota, N. Maru, M. M. Hanczyc, T. Ikegami and T. Sugawara, "Self-propelled oil droplets consuming 'fuel' surfactant," Journal of the American Chemical Society, vol. 131: 14 (2009), pp. 5012–13.

118 I. A. Chen, K. Salehi-Ashtiani and J. W. Szostak, "RNA catalysis in model protocell vesicles," Journal of the American Chemical Society, vol. 127: 38 (2005), pp. 13213–19.

باسمان کرد (بەشی ٩) کە ڕیبۆزۆمەکان بریتین لە مۆلکیولەکانی RNA کە دەکرێت زانیارییە جینێتیکییەکان بە کۆد بکەن، ڕێک وەک DNA، بەڵام هەروەها خانەخوێی چالاکی ئەنزیمین. ئەم تیمە پیشانیان دا کە ڕیبۆزۆمەکانی کراوە ناو خانە سەرەتاییەکان توانای فۆرمی سادەی بۆماوەییان هەیە، بە شێوەی بنەڕەتی دابەش دەبێت بۆ ٢ خانەی سەرەتایی هانسیز. لە ساڵی ٢٠١٤دا تیمێک بە ڕێبەرایەتیی سیباستین لیکۆماندۆکس (Sebastien Lecommandoux) لە زانکۆی ڕیدبود لە هۆڵەندا جۆرێکی تری خانەی سەرەتاییان دروست کرد، کە بەشە جیاوازەکانی بە ئەنزیمەکان پڕ دەبێت، کە دەکرێت هاوشێوەی خانە زیندووەکان پشتگیریی زیندەچالاکیی سادە بکات، کە لە بەشێکەوە دەڕژێتە بەشێکی ترەوە[١١٩].

ئەم داینامیکە، واتە چالاککردنی کیمیایی خانە سەرەتاییەکان، بە دڵنیاییەوە داهێنەرانە و سەرنجڕاکێش و بونیادنەرانەیە؛ بەڵام ئایا ئەوان دەژین؟ بۆ وەڵامدانەوەی ئەم پرسیارە، ئێمە هاوڕاییمان لەسەر پێناسەیەکی کاریگەر بۆ ژیان پێویستە. ڕوونترینەکەی بریتییە لە خۆدووپاتکەرەوەیی، کە بۆ زۆر مەبەست گونجاوە، بەڵام پرسیاری زۆری لەسەرە. زۆرترینی خانەکان لە جەستەی تازەپێگەیشتوویەکدا، وەک خانەکانی خڕۆکەی سوور و خانە دەمارییەکان، دووپات نابنەوە، بەڵام هێشتا بە دڵنیاییەوە دەژین. تەنانەت مرۆڤە تەواوکانی وەک بودیستەکان و پیاوانی ئایینیی کاتولیک، خەریکی کاری زاوزێ و خۆدووپاتکردنەوە نابن، بەڵام بە دڵنیاییەوە زیندوون. هەر بۆیە هەرچەندە خۆدووپاتکردنەوە پێویستە بۆ ڕزگاربوون و پاراستنی جۆرەکان، تایبەتمەندیی حەتمیی ژیان نییە.

---

119 R. J. Peters, M. Marguet, S. Marais, M. W. Fraaije, J. C. van Hest and S. Lecommandoux, "Cascade reactions in multicompartmentalized polymersomes." Angewandte Chemie International Edition (English), vol. 53: 1 (2014), pp. 146–50.

تایبەتمەنـــدییەکی ژیـــان کە تەنـــانەت زۆر بنچینەییتـــرە لە خۆدووپاتکردنەوە، کە پێشتر قسەمان لەسەری کرد و تەلارسازانی بایۆمەتریـــک هەوڵ دەدەن لاســـایی بـــکەنەوە: خۆســـەرییە (self-sustainability). ژیان توانای هەیە دوخی ژیانی خۆی تێر بکات. هەر بۆیە مینیمۆمی پێویست کە ئێمە بۆ خانە سەرەتاییەکانی بن - بان داکۆکیی لێ دەکەین بۆ ئەوەی بە زیندوو دابنرێت، بریتییە لەوەی ئەوان دەبێت توانـای ئەوەیـان هەبێـت لە نـاو گەردەلـوولی دەریـا سێرمۆدایناميكییەکان خۆیان بپارێزن.

بە داخەوە، بە بەکارهێنانی ئەم پێناسە زۆر سنووردارترەی ژیان، هـیچ کـام لە نەوەکـانی خـانە سـەرەتاییەکان زینـدوو نـین. تەنـانەت ئەوانەی دەتـــوانن چەنـــدین فێـــڵ بـــکەن، وەک فـــۆرمی ســـادەی دووپـــاتبوونەوە (دابەشـــبوون بـــۆ ٢) بەرهەمهێنـــانی نەوەی رێـــک هاوشێوەی باوانیان. ئەوان زۆر بە کەمی بەشە سەرەتاییەکانی وەک ریبۆزۆم یان ئەنزیمیان هەیە، بە شێوەیەک لەگەڵ بەرەوپێشچوونی پرۆسـەی دووپـاتبوونەوە، ئەم بەشـانە لە کۆتاییـدا لە نـاو دەچـن. بە هاوشـێوەیی هەرچەنـدە خـانە سـەرەتاییەکانی وەک ئەوانەی لە لایەن کرووپی لیکۆمادوزەوە دروست کرا، توانای پشتیوانی لە میتابۆلیسمی هاوشێوەی بوونەوەری زیندووی سادەیان هەیە، ئەوان پێویستە بە بـایۆمۆڵکیوڵی چـالاک پڕ بـبن، کە توانـای ئەوەیـان نییە جـارێکی تـر خۆیان پڕ بکەنەوە. نەوەکانی ئێستای خانە سەرەتاییەکان هاوشێوەی کـــاتژمێرە قورمیشـــییەکانە: ئەوان دەتـــوانن دۆخە ســـەرەتاییە کیمیاییەکەیـان بپـارێزن، کە پشـتگیری دەکرێـت بە ئەنـزیم و مـادە سەرەتاییەکان تـا کۆتـایی پێ دێت. لە دوای ئەوە هێرشـی بەردەوامـی لە جـووڵەی مۆڵکیـوڵی دەورووبەرەوە پـێ دەگـات، رێکخسـتنەکانی ئەو خانە سەرەتاییانە تێک دەچن، کە بەرە بەرە هەرچی زیاتر دەبێت بە هەڕەمەکـی و بەختەکـی، تـا ئەو کـاتەی جیـاوازیی لەگەڵ ناوەنـددا

نەمێنێت. خانە سەرەتاییە دەستکردەکان بە پێچەوانەی ژیان، توانای خۆقورمیشکردنەوەی دووبارەیان نییە.

ئایا بەشێک ون بووە؟ بوارەکە زۆر نوێیە و چاوەڕێ دەکرێت هەنگاوی گەورە لە دەیان ساڵی داهاتوو بۆ ئەو مەبەستە بنرێت. ئایدیایەک کە ئێمە دەمانەوێت لەم بەشەی کۆتایی کتێبەکەماندا پێشکنینی بۆ بکەین، ئەوەیە کە میکانیکیی کوانتەمی دەتوانێت چەخماخە ونبووە پێویستەکە بۆ جووڵاندنی ژیانی دەستکرد و دروستکردنی ژیانی شێوە ڕاستەقینە ئامادە بکات. هەروەها مومکینە شۆڕشێکی تەکنەلۆژیایی ڕاستەقینە بێتە ئاراوە، کە وەها پێشکەوتنێک دروست بکات بۆ ئەوەی یارمەتیمان بدات وەڵامی پرسیارەکەی بەشی ٢ بدەینەوە: ژیان چییە؟

ئێمە و خەڵکی تریش پێمان وایە شرۆڤەی سێرمۆدایینامیکی بەس نییە، چونکە توانایی ژیان بۆ بەکارهێنانی ناوچەی کوانتەم لە خۆ ناگرێت، ئێمە بڕوامان وایە ژیان بەندە لەسەر میکانیکیی کوانتەم. بەڵام ئایا ئێمە ڕاستین؟

وەک پێشتر قسەمان لەسەری کرد، قورسە بەو تەکنەلۆژیایەی ئێستا لە بەردەستە، بسەلمێت، چونکە ناتوانیت میکانیکیی کوانتەمی لە ناو خانەیەکی زیندوودا دابگیرسێنیت یان بکوژێنیتەوە. لەگەڵ ئەوەشدا پێشبینی دەکەین کە ژیان چی بە شێوەی سروشتی یان دەستکرد، بەبێ بوونی تایبەتمەندییە سەیرەکانی جیهانی کوانتەمی کە ئێمە لەم کتێبەدا قسەمان لەسەری کرد، نامومکینە. تاکە ڕێگە بۆ ئەوەی بسەلمێت کە ئێمە ڕاستیین، دروستکردنی ژیانی دەستکردی باڵایە (ئەگەر مومکین بێت) بە سەرسامییەکانی کوانتەمەوە و بەبێ ئەوەی ئەو سەرسامییە ببینین و ببینین کام یەک لەوان باشتر کار دەکەن.

وەگەڕخستنی سەرەتاییانەی خانەی سەرەتایی کوانتەمی

بـا وای دابنێـین خـانەیەکی سـەرەتایی بە تەواوەتـی لە مـادەی نازینـدوو دروسـت کـراوە، لەوانەیە بتوانێـت هەنـدێک ئەرکـی سـادە ئەنجام بدات، وەک دۆزینەوەی خۆراکی تایبەت بە خۆی لە نـاو دەریـا سـەرەتاییەکانی نـاو تـاقیگە. ئامـانجی ئـێمە بریتـی دەبێـت لە دروسـتکردنی وەهـا ئامێرێـک بە ٢ ڕێـگە. یەکێـک گەڕان بە دوای کـۆنترۆڵکردنی لایەنە سەرسـووڕهێنەرەکانی میکـانیکیی کـوانتەمی - ئێمە بەمە دەڵێین خانەی سەرەتایی کوانتەمی. ڕێگەکەی تر کوانتەمی نییە - بریتی دەبێت لە خانەیەکی سەرەتایی کلاسیکی.

خاڵێکی دەستپێکی باش بۆ هەر ٢ ڤێرژنەکە، بریتی دەبێت لە چەند پـارچەییەکەی سباسـتیەن لیکۆمانـدۆ، خـانەی سـەرەتایی داخـراو لە نـاو پەردەدا، بەشـە جیاوازەکـان ئەو هەڵەمـان دەداتـێ ئەرکە جیاوازەکـانی ژیان بۆ ناو بەشە تاکەکان جیا بکەینەوە، دواتر ئێمە پێویستە بۆ خـانە سـەرەتاییەکەمان سـەرچاوەی وزە ئامـادە بکەیـن: بـا وای دابنێـین سـەرچاوەی وزە بەرز و فراوانەکـانی فۆتـۆنی خـۆر بە کـار دەهێنـین. ئـێمە یەکێـک لەم پارچـانە دێنـین و دارسـتانی مۆڵکیـوڵە ڕەنگییەکـان و چوارچێوە پرۆتینییەکان دەخەینە سەری، فۆرمێکی پانێلی خۆر دروست دەکەیـن، کە توانـای هەیە فۆتۆنەکـان وەربگرێـت و توانـای ئەوەی هەیە وزەکەیـان بگۆڕێـت بە ئیگزایتـۆن، وەک کلرۆپالسـتێکی دەسـتکرد کـار دەکـات. بە هەرحـاڵ، مۆڵکیـوڵە نەسـرەوتەکانی پیگمێنـت ناکرێـت بە چوسـتیی بەرزەوە هاوشـێوەی ڕۆشـنەپێکهاتن وزە بگـوازنەوە، چـونکە پشـێوییە مۆڵکیوڵییەکـان هاوبـاریی کـوانتەمی کە پێویسـتە بـۆ گواسـتنەوەی وزە بە چوسـتیی بەرزەوە، ناپارێزێـت. بـۆ دەسـتکەوتنی لێدانی کـوانتەمی، پێویسـتە مۆڵکیـوڵە پیگمێنتەکـان بگـونجێنین بـۆ ئەوەی شەپۆلە هاوبارەکان بکرێت بە ناو سیستەمەکەدا بڕوات.

لە سـاڵی ٢٠١٣دا گرووپێـک لە زانکـۆی شـیکاگۆ بە ڕێبەرایەتیـی پێشـڕەوی ڕۆشـنەپێکهاتن، گریـگ ئینگـل (Greg Engel) ئەم

کێشەیەی بە توندکردنی کیمیایی مۆڵکیوڵە پیگمێنتەکان پێکەوە لە ناو ڕێکخستنێکدا چارەسەر کرد. ڕێک وەک ئاوێتەی قەوزەی FMO کە لەواندا بۆ یەکەم جار ئێگل هاوباریی کوانتەمیی دۆزییەوە (بەشی ٤)، سیستەمە پیگمێنتە دەسکردەکەی ئەو لێدانەکانی هاوباریی کوانتەمیی پیشان دا کە بۆ ماوەی دەیان فیمتۆچرکە، تەنانەت لە گەرمای ژووردا بەردەوام بوو[١٢٠].

هەر بۆیە بۆ ئامادەکردنی پانێلی ڕووناکیی خۆری خانە سەرەتاییە کوانتەمییەکەمان بە ئێگزایتۆنی هاوباریی پێشخراوەوە، ئێمە دێین پڕی دەکەین لە مۆڵکیوڵە پیگمێنەتەکانی ئێنگل بۆ ئەوەی کۆنترۆڵ بکرێن. خانەخۆرییە کلاسیکییەکە هەر هەڵگری هەمان پیگمێنتەکان دەبێت، بەڵام ئەوان بە شێوەی هەڕەمەکی هاوئاڕاستە دەبن تا ئێگزایتۆن بتوانێت بە ناو سیستەمەکەدا تێبپەڕێت. ئێمە دەتوانین بەم ڕێگەیە هەڵی بسەنگێنن کە هاوباریی کوانتەمی بۆ گواستنەوەی ئێگزایتۆن لە ڕۆشنەپێکهاتندا ئایا پێویستن یان ناپێویست.

بە هەرحاڵ، وەک دۆزیومانەتەوە، وەرگرتنی ڕووناکی لە ڕۆشنەپێکهاتندا تەنها یەکەم هەنگاوە؛ ئێمە پێویستە دواتر وزەی ئێگزایتۆنە ناهاوسەنگەکان بگوازینەوە بۆ فۆرمێکی کیمیایی هاوسەنگ. پێشتر هەندێک پێشکەوتن لەمەدا هاتووەتە ئاراوە. کاتێک لە ساڵی ٢٠١٣دا لە باسە زانستییەکەیاندا گرووپەکەی سکولی سەبارەت بەوەی کە ناوەندی کارلێکی ڕۆشنەپێکهاتن، لەوە دەچێت بزوێنەرێکی گەرمایی کوانتەمی بێت، ئەو ئارگیومێنتەیان پێشکەش کرد کە بزوێنەرە گەرماییە کوانتەمییەکانی زیندەناسی، دەکرێت ئیلهامی دیزاینی زیاتری خانە سەرەتاییە چوستەکان بدات بە دەستەوە[١٢١].

---

[120] D. Hayes, G. B. Griffin and G. S. Engel, "Engineering coherence *among excited states in synthetic heterodimer systems*," Science, vol. 340: 6139 (2013), pp. 1431–4.

[121] Dorfman et al., "Photosynthetic reaction center as a quantum heat engine."

دواتـر لە هەمـان سـاڵدا، تیمێـک لە زانکـۆی کەمبـریج لەسـەر ئەم ڕێچکەیە نەخشـەی سـەرەتایی خـانەخۆرییەکی دەسـتکردیان داڕشـت، کە وەک بزوێنەری گەرمایی کوانتەمی کاری دەکرد[١٢٢].

گـرووپەکە مۆدێلێکیـان بـۆ ناوەنـدێکی کـارلێکی دەسـتکرد، لە موڵکیـوڵە پیگمێنـتە پێکەوەلکاوەکـان کە لە تـاقیگەکەی ئینگل دروسـت کردبوو، بونیـاد نـا و پیشـانیان دا، بە هەمـان شـێوەی کە گرووپەکەی سـکولی بـۆ ڕۆشـنەپێکهاتنی سروشـتی دۆزیبوویـانەوە، کە دەبێـت ئەلیکترۆنێکـی وزەدار بە مۆڵکیـوڵێکی وەرگـر بـدرێت بە چوسـتیی باشبووی سنوردار بە کارنۆ.

بۆیە وای دابنێین کە خـانەخۆرییە کوانتەمییەکەی ئێمە ناوەندێکی کـارلێکی دەسـتکردی لەسـەرە، کە بەپێی مـۆدێلی تـیمەکەی کەمبریجە، کە توانـای ئەوەی هەیە ئەلیکتـرۆنە وزەدارەکـان وەک وزەی کیمیـایی هاوسەنگ وەربگرێت. جارێکی تر دێین سیستەمێکی ڕکەبەر بۆ خـانە سەرەتاییە کلاسیکییەکانمان ئەندازیاری دەکەین کە هەوڵـی پرۆسـەی گواسـتنەوەی وزەی هاوشـێوە دەدات، بەڵام بەبـێ چوسـتیی بەرزەوەبـووی کـوانتەمیی کـارنۆ. کاتێـک وزەی خـۆر وەربگیررێـت، دەکرێـت بـۆ دروسـتکردنی مۆڵکیـوڵی ئـاڵۆزی وەک مۆڵکیوڵەکـانی پیگمێنتی خـانە بە کار بهێنرێت. بە هەرحـاڵ، هەروەک ئەلیکترۆنەکان، کارلێکەکـانی بایۆسـەنتزیش پێویسـتیان بە وزەی زیـادەی بەهێـزکەر هەیە کە لە نـاو خانەکـانی ئـێمەدا بە ڕێـگەی هەناسـەدانی خـانەیی (بەشـی ٣) دابـین دەبێـت. ئـێمە لە هەناسـەدان ئیلهـام وەردەگـرین و هەنـدێک لە ئەلیکترۆنەکـانی وزەبەرز کە بە ڕێـگەی ڕۆشـنەپێکهاتن دەگـوازرێنەوە، دەبەیـن بـۆ بەشـی توانـای ڕووەکـی، کە ئەوان لە ئەنزیمێکەوە بۆ ئەنزیمێکی تر تونێل لێ دەدەن، هەروەک لە زنجیرەی

[122] C. Creatore, M. A. Parker, S. Emmott and A. W. Chin, “An efficient biologically-inspired photocell enhanced by quantum coherence,” arXiv preprint, arXiv:1307.5093, 2013.

سروشـــتیی هەناســـەیی، بـۆ دروســـتکردنی ATP، هەڵگـری وزەی مۆڵکیـوڵی خـانەیین. جـارێکی تـر ئامـانجی ئـێمە بـریتییە لەوەی کە پارچەی هەناسەدان بە ئەندازیاری بکەین و ڕۆڵی میکانیکیی کوانتەمی لەم پرۆســە بـایۆلۆژییە گـرنگەدا لێکـۆڵینەوەی لەســەر بکەیـن. بە سەرچاوەیەکی وزە و ئەلیکترۆنەوە، خانە سەرەتاییە کوانتەمەکەمان ئێستا بەتوانـایە بـۆ دروسـتکردنی مـادە بایۆکیمیاییەکـان؛ بەڵام ئەو پێویستی بە سەرچاوەیەکی مادەی خاو، واتە خۆراک هەیە. هەر بۆیە سـەرچاوەیەکی خـۆراکی بـۆ ئامـادە دەکەیـن، واتە شـەکرێکی سـادە: گلوکـۆز لە دەریـای سـەرەتایی ئـێمە لە تـاقیگە، شـی بـووەتەوە. ئـێمە ناچـار دەبـین ATP داببەزێنـین بـۆ گواسـتنەوەی شـەکر، کە توانـای پەمپکردنی گلوکۆز بۆ نـاو خـانەکەی هەیە و لەگەڵ کۆمەڵەیەکی تـری ئەنـزیم توانـای دەسـکاریی ئەتۆمەکـانی هەیە- واتە ئەنـدازیاریکردنی ئاستی کوانتەمی بۆ دروستکردنی بایۆمۆڵکیوڵی ئاڵۆزی زیاتر. زۆر لەم ئەنزیمانە بە شێوەی ئاسایی لە تونێللێدانی ئەلیکترۆن و پرۆتۆن سـوود وەردەگـرن، کە لە بەشـی ٣دا قسـەمان لەسـەری کـرد، بەڵام ئامانجمـان بریتـی دەبێت لە بەئەندازیاریکردنی ئەو ڤێرژنانەی کە بێ یان بە، توانایی دابەزین بۆ جیهانی کوانتەم کار دەکات، تا بیدۆزێتەوە ئایـا میکـانیکی کـوانتەمی بـۆ ئەم بـزوێنەرانەی ژیـان بە ڕاسـتی ڕێگەخۆشکەرێکی پێویستە یان نا.

لایەنێکـی تـر کە ئـێمە دەمانەوێـت بـۆ نـاو خـانە سـەرەتاییە کوانتەمییەکە ئەندازیاریی بکەین، توانایی کۆنترۆڵی تۆفانی غەڵبەغەڵبی (نۆیز) مۆڵکیوڵییەکانە بۆ پاراستی هاوباریی کوانتەمی. لە ئێستادا زۆر کەم لەم بـارەیەوە دەزانـین کە ژیـان چـی فێڵێـک بـۆ ئەمە بە کـار دەهێنێـت تـا بەو ڕێـگەیە ئەنـدازیاری بکرێـت. زۆر فـاکتەر لەوانەیە لەئـارادا بـن: بـۆ نمـوونە ناوەنـدی زۆر قەرەبـاڵغی مۆڵکیـوڵی خـانە زینـدووەکان بەوە ناسـراوە کە زۆر لە کـارلێکە بایۆکیمیاییەکـان

دەگۆڕێت[١٢٣] و لەوانەیە یارمەتیدەر بن بۆ سنوورداركردنی هەر بەركەوتنێكی هەڕەمەكییانەی نۆیز. بۆیە ئێمە خانە سەرەتاییەكان زۆر بە وردی پڕ دەكەین لە بایۆمۆڵكیوڵەكان، بە مەبەستی لاساییكردنەوەی ناوەندی قەرەباڵغی زیندوو، بەو ئومێدەی كە ئەمە یارمەتیی كۆنترۆڵی گەردەلوول و تۆفانە سیرمۆدینامیكییەكان بدات، تا هاوباریی كوانتەمی پارێزراو بێت.

بەڵام خانە سەرەتاییەكەی ئێمە كەشتییەكی باربەرە و هەموو ئەنزیمەكانی دەبێت لێ بار بكرێت. بۆ ئەوەی خۆتێركەر بێت، دەبێت بەشێكی تری لێ زیاد بكەین، ئەویش بریتییە لە ژووری كۆنترۆڵ، بە DNAیەكی بەند لەسەر جینۆم كە توانای بەكۆدكردنی هەر شتێكی هەیە كە پێویستی پێیەتی، لەگەڵ ئەو مەشینەی كە پێویستە بۆ گۆڕینی كۆدە پرۆتینییەكانی ئاستی كوانتەمی بۆ پرۆتین. ئەمە هاوشێوەی ڕێچكەی بان - بنە كە لە لایەن كریگ ڤینتەرەوە (Craig Venter) پێش خرا؛ تەنها جینۆمەكانی دەكرێتە ناو خانە سەرەتاییە نازیندووەكان. لە كۆتاییدا ئێمە دەكرێت تەنانەت سیستەمێكی كەشتیوانی بۆ خانە سەرەتاییەكەمان بە كار بهێنین، لەوانەیە لووتێكی مۆڵكیوڵی توانایی هەبێت خۆراكەكەی وەربگرێت، ئەویش بە بەكارهێنانی پرەنسیپی وەرگری لووتی گیرۆدەی كوانتەمی كە لە بەشی ٥دا پشكنینمان بۆ كرد و مۆتۆڕێكی مۆڵكیوڵی بۆ لێخوڕینی خۆی لە ناو دەریایەكی سەرەتایی. ئێمە تەنانەت دەكرێت سیستەمی كەشتیوانیی توانایی كوانتەمی دابنێین، وەك ڕۆبینەكان لە زەریای سەرەتایی ناو تاقیگە ئاراستەی خۆی بدۆزێتەوە. شتێک كە ئێمە

---

[123] C. Tan, S. Saurabh, M. P. Bruchez, R. Schwartz and P. Leduc, "Molecular crowding shapes gene expression in synthetic cellular nanosystems," Nature Nanotechnology, vol. 8:8 (2013), pp. 602–8; M. S. Cheung, D. Klimov and D. Thirumalai, "Molecular crowding enhances native state stability and refolding rates of globular proteins," Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 102: 13 (2005), pp. 4753–8

شــرۆڤەمان کــرد تۆزێـک زیـاترە لە تمــووحی زیندەناسـییانە- زۆر ڕاستەقینەتر نییە لە ئاریەل شەکسـپیر (Shakespeare's Ariel- کەسایەتییەکی چیرۆکە زانستییە خەیاڵییەکان). بڕێکی زۆر گەورە لە وردەکارییەکانمـان وەلاوە نـاوە، بە هـۆی حەزمـان بـۆ سـادەیی و تێگەیشــتن، چاوپۆشــیمان کــردووە لە تەحەدا زۆر گەورەکــان کە دەکرێت ڕووبەڕووی هەر پرۆژەیەکی زیندەناسیی دەستکردی بن - بـانی ڕاسـتەقینە ببێتەوە. تەنـانەت ئەگەر وەهـا پـرۆژەیەک هەوڵـی بـۆ بـدرێت، وەک بە شـێوەی خەیـاڵی وێنـای دەکەیـن، ناکرێت هەمـوو ئەم پرۆسانە لە ١ قۆناغدا بێتە ئاراوە، بەڵام لەجیاتیی ئەوە یەکەم هەوڵـی کارکردن لەسەر سادەترین یان شیاو بۆ تێگەیشتنترین پرۆسـە دەبێت لە ناو خانە سەرەتاییەکاندا- کە لەوانەیە ڕۆشنەپێکهاتن بێت. هەڵبەت ئەمە لە خۆیـدا گەورەتـرین سـەرکەوتن دەبێت و مۆدێل سیستەمێکی باشە بۆ ئەوەی بە کار بێت و لێکۆڵینەوە لە ڕۆڵی هاوباریی کوانتەمی لە ڕۆشـنەپێکهاتندا بکرێـت. کاتێـک وەهـا ئیمکـانێکی گرنـگ سـەلمێنرا، هەنگاوی دواتر زیادکردنی بەشی زیاتر بۆ چاندنی ئاڵۆزی و ئـاڵۆزیی زیـاتر دەبێـت، کە ســەرئەنجام لەوانەیە بگـات بە خـانەی زینـدووی دەســتکردی ڕاســتەقینە. بەڵام پێشـبینی دەکەیـن ئەمە تەنهـا لەســەر ڕێچکەی کوانتەمی ژیان مومکینە: ئێمە بڕوامان وایە ژیـان بە سـادەیی بەبێ پەیوەنـدی بە نـاوچەی کوانتەمەوە کـار ناکـات. خـانە دەستکردە زینــدووەکان دەکرێــت ئەنـدازیاری بکـرێن بـۆ ئەوەی وەک خشــتی خـۆژیەنی بینـا زینـدووەکان بە کــار بــێن؛ نەشــتەرگەرە میکرۆکــان دەکرێت دروست بکرێن بۆ چاککردنەوە و گۆڕینی شـانە تێکچـوو و دڕاوەکانمان. لایەنە سەرنجڕاکێشەکانی زیندەناسیی کوانتەمی کە ئێمە لەم کتێبەدا کارمان لەسەر کرد، لە ڕۆشـنەپێکهاتن بـۆ کرداری ئەنزیم و لە لووتە کوانتەمییەکانەوە بۆ جینۆمی کوانتەم، بزۆکەی کوانتەمی و لەوانەیە تەنــانەت مێشــکە کوانتەمییەکــان، دەکرێــت هەموویــان بە شـێوەی زاتــی بـۆ بونیادنـانی جیهـانێکی نـوێی ئۆرگـانیزمە زینـدووە

دەستکردە شکۆدارەکان کە دەکرێت خزمە لەدایکبووە سروشتەکانیان بێبەری بێت لە دڕندەیی، کە هەڵبەت بە مەرجێک زۆرترینی نیازەکانی مرۆڤایەتی دابین بکرێت.

بەڵام لەوانەیە تەنانەت گرنگتر لەوە بریتی بێت لەوەی توانایی دروستکردنی ژیانی نوێ لە سەرەتاوە، لە کۆتاییدا زیندەناسییەک بهێنێتە ئاراوە کە وەڵامی پرسیارە بڕیارلێدراوەکەی فاینمەن بداتەوە: "ئەو شتەی من ناتوانم بە دروستی ئەنجامی بدەم، تێینەگەیشتووم." ئەگەر وەها پرۆژەیەک بە ڕاستی سەرکەوتوو دەبوو، لە کۆتاییدا دەمانتوانی بڵێین کە تێگەیشتووین لە ژیان و توانایییە سەرنجڕاکێشەکەی بۆ کۆنترۆڵی هێزە پشێویخوڵقێنەکان لەسەر کەشتییەکە، کە بنە تیژەکەی لە نێوان جیهانە کوانتەمی و کلاسیکییەکاندا هەیە.

"خۆری نیوەڕۆم تاریک و لێل کردووە و ڕەشەبا خێراکانم بانگهێشت کردووە، کە لە نێوان دەریای نیلی و ئاسمانی شیندا، جەنگێکی توند دروست بکات و نەعەرەتەی هەورەبروسکە..."

ویلیام شەکسپیر، تۆفان

دوا گوته
ژیانی کوانتەمی

رۆبینی ئەورووپی کە لە بەشی ١دا بەرکەوتنمان لەگەڵی هەبوو، سەرکەوتوانە زستانەکەی لە خۆری ناوچەی دەریای ناوەڕاست بەڕێ کردووە و ئێستا لە نێوان دارستانە تەنکەکان و بەردە کۆنەکانی کارتاژ لە تونس، هەڵبەزودابەز دەکەن و خۆیان بە خواردنی مێش، پەپوولە، کرم و دانەوێڵە بەهێز دەکەن، کە هەموویان پێک هاتوون لەو زیندەمادانەی کە بە ڕێگەی ماشینەکانی توانای ڕۆشنەپێکهاتنی کوانتەمی، کە ئێمە پێیان دەڵێین ڕووەک و میکرۆب، لە ماوەیەکی دوورودرێژ و بەردەوامدا دروست بوون. بەڵام ئێستا خۆر بەرز بووەتەوە بۆ ناوەڕاستی ئاسمان و گەرما توندەکەی نمە ئاوە بچووکەکان لە ناو دارستاندان وشک دەکەن. دارستانەکە برژاوە و ئیتر بەکەڵکی ژیانی پاسارییە ئەورووپییەکەی ئێمە نایەت. ئێستا کاتی ئەوەیە بڕوات. ئێستا ئیتر لە ئێوارەیەکدا باڵندە بچووکەکەی ئێمە بەرەو لقی درەختێکی سیدار دەفڕێت. ئەو بە وردی خۆی دەخورێنێت، ڕێک وەک ئەوەی چەند مانگ لەوەوپێش ئەنجامی دا، گوێ بۆ بانگکردنی ڕۆبینەکانی تر ڕادەگرێت، کە بە هاوشێوەیی هەست بە فەرمانی باڵندەیی دەکەن بۆ ئەوەی ئامادە بن بۆ گەشتێکی

دوورودرێژ. لەگەڵ ئـاوابوونی دوایـن تیشـکەکانی خـۆر لە ئاسـۆدا، ڕۆبـین دەنـووکی بەرەو بـاکوور ڕادەگرێت و باڵەکـانی دەکـاتەوە و بەرەو ئاسـمانی شـەو دەفڕێت. ڕۆبـین بەرەو کەنارەکـانی بـاکووری ئەفریقا دەفڕێت و درێژە بە گەشتەکەی بە پانتـایی دەریـای ناوەڕاست دەدات، ڕێک هەمـان ڕێچکەی ٦ مانگ لەوەوپێش، بەڵام لە ئاڕاسـتەی پـێچەوانەدا دەگـرێتە بەر، دووبـارە جەمسـەرنما باڵنـدەییەکەی بە هەمـان بـزۆکەی گیـرۆدەی کـوانتەمییەوە ئاڕاسـتەی دەکـات. هەر لێدانێکی باڵەکانی هێز لە گرژبوونی ڕیشاڵی ماسولکەکان وەردەگرێت، کە وزە بە ڕێگەی تونێللێدانی کوانتەمیی ئەلیکترۆن و پرۆتۆنەکان لە لایەن ئەنزیمەکـانی هەناسـەدانەوە دەگـوازرێتەوە. دوای چەنـدین کاتژمێر دەگات بە کەنارەکانی ئیسپانیا و لە دارستانی دۆڵی ڕووباری ئەنـدولۆس دەنیشـنەوە و لە نـاو ژمـارەیەکی زۆر درەخت و میـوەدا، وەک داری بـی، ماپـل، ئلـم و ئالـدر و میوەکـانی وەک ئۆلنـدەر کە بەرهەمی ڕۆشنەپێکهاتنی کوانتەمین، پشـوو دەدن. مۆلکیوڵەکانی بۆن دەفڕن بۆ ناو ڕێڕەوەکانی لووتی و دەلکێن بە وەرگرەکانی بۆنەوە و ڕووداوەکانی تونێللێدانی کوانتەمی دەخەنە کار، کە پەیامی دەماری بە ڕێگەی هاوباریی کوانتەمیی کەناڵەکانی ئایۆن بۆ مێشـکی دەنێرێت تـا پێـی بڵێـت گـوڵی تەڕەکاڵەکـان، لەم نـزیکەن و لەگەڵ مـێش هەنگوینی بەتام و مێرووە تۆزبڵاوکەرەکـانی تـر کە خۆراک بۆ قۆنـاغی دواتـری گەشـتەکە دەخـاتە بەردەسـت. دوای چەنـدین ڕۆژی زۆر فـڕین، لە کۆتاییدا ڕۆبین ڕێگەی گەڕانەوەی خۆی بەرەو دارسـتانە خاوێنەکـانی سکاندیناڤیا دەدۆزێتەوە، کە چەند مانگ لەوەوپێش بەجێی هێشتبوو.

یەکەم گەڕانی هەوڵدانە بۆ دۆزینەوەی نێر.

نێرەکـانی ڕۆبـین چەنـدین ڕۆژ پێشـتر گەیشـتوون و زۆرترینیـان شوێنی هێلانەی گونجاویان دۆزیوەتەوە و بە ئاوازەکەیـان بانگهێشـتی مێیەکـان دەکەن. ڕۆبیـنەکەی ئـێمە بەرەو باڵنـدەیەکی دەنگخۆشـی تـایبەتی ڕادەکێشـرێت و وەک بەشـێک لە میـوانی ژوان چێـژ لە

خـواردنی ئەو مێـروانە دەبینێت کە نێـرەکە کۆی کـردووەتەوە. دوای جووتبوونێکی کورت، سپێرمی نێرەکە لەگەڵ خـانەی هـێلکەی مێیەکە یەک دەگرێت و زانیـاریی جینێتیکیی بەکۆدکراوی - بنچینە کـوانتەم، فـۆرم، ڕێسـا، بایۆکیمیـا، فیزیۆلـۆجی، ئانـاتۆمی و تەنـانەت گـۆڕانی جووت باڵندەکە بە نزیکەیی بەبێ هەڵە کۆپی دەکاتە نـاو نەوەی نـوێی ڕۆبینەکان. ژمارەیەکی کەم هەڵەی تونێللێدانی کوانتەمیی مـادەی خـاو بۆ پەرەسەندنی داهاتووی جۆرەکان ئامادە دەکات.

هەڵـبەت وەک لەبەشـی پێشـوو جەختمـان لەسـەر کـردەوە، ئـێمە هێشتا دڵنیا نین کە هەمـوو لایەنەکانی کە ئێمە شـرۆڤەمان کردن، بە شـێوەی کـوانتەمین. بەڵام هـیچ گومانێـک نیـیە کە زۆرترینـی ئەو شـتانەی سـەیر و تاقـانە و سەرسـوورهێنەر بـوون سـەبارەت بە ڕۆبینەکـان، ماسـییەکانی کـالون، ئەو باکتریایـانەی کە لە بنـی تەختە سەهۆڵەکانی جەمسەری باشوور ڕزگاریان بووە، ئەو دایناسـووڕانەی کە لە دارسـتانەکانی ژوراسـیک دەگەڕان، پەپوولەکـانی مـونراش، مێشـەکانی میـوە، ڕووەکەکـان و میکرۆبەکـان، ئەو ڕاسـتییەمان بـۆ دەردەخات کە ئەوانیش وەک ئێمە ڕیشـەیان لە جیهانی کوانتەمدایە.

زۆر شت مـاوە کە بدۆزرێتەوە، بەڵام جوانیی هەر بوارێکی نـوێی تـوێژینەوە لەوەدایە، بە تەواوەتـی نەناسـراوە. وەک چـۆن ئیسـحاق نیوتن گوتی: "بە ڕاسـتی مـن نـازانم جیهـان چۆنە، بەڵام سـەبارەت بە خۆم، وای دەبینم ئێستا لە منداڵێک دەچـم لە کەنـاری دەریـایەک یـاری دەکـات، خـۆی سـەرگەرم دەکـات و وردەبەردێکی سـاف دەدۆزێتەوە، یـان قـاوغێکی جـوانی سـەدەفێک کە نائاسـایی دیـارە، لە کاتێکـدا لە پشتەسـەریدا زەریـایەکی گەورە لە ڕاسـتییەکان هەیە، کە هێشـتا نەماندۆزیونەتەوە."